Toprak Altı

Cam Buluntuların Koruma ve Onarımı

Ceren Baykan



homer*kitabevi*

Toprak Altı Cam Buluntuların Koruma ve Onarımı

Ceren Baykan

ISBN 978-9944-483-57-5

Toprak Altı Cam Buluntuların Koruma ve Onarımı
Ceren Baykan

Editör
Daniş Baykan

Ofset Hazırlık
Homer Kitabevi

Kapak Görseli
Urna cineraria romana de vidrio (M.A.N. Inv.1990-69-150)
Kaynak: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Urna_cineraria_romana_de_vidrio_(M.A.N._Inv.1990-69-150)_01.jpg
Lisans: Cc-by-sa-3.0,2.5,2.0,1.0 l
© Zaqarbal (Luis García)

Baskı ve Cilt
Altan Basım San. Tic. Ltd.

1. Basım
Mayıs, 2014, İstanbul

Homer Kitabevi ve Yayıncılık Ltd. Şti.
Yeni Çarşı Caddesi, No: 12/A
Galatasaray, 34433, Beyoğlu/İstanbul

Tel: (0212) 249 59 02 • (0212) 292 42 79
Faks: (0212) 251 39 62
e-mail: homer@homerbooks.com
www. homerbooks.com

Toprak Altı
Cam Buluntuların Koruma ve Onarımı

Ceren Baykan



homer*kitabevi*

İçindekiler

Hayattaki en büyük desteğim eşim,
Daniş Baykan'a,

Önsöz

Anadolu'da yaşamış medeniyetlerin kültür birlikteliğinin korunması için bizlere düşen görev, toplumsal yapı açısından tarihi ve belgesel önem kazanan taşınır ve taşınmaz kültür varlıklarının, özgünlüğünü yitirmeden gelecek kuşaklara aktarımını sağlamaktır. Anadolu'da sürdürülmekte olan birçok arkeolojik kazıdan ele geçen Antik Çağ camları da narin yapıları nedeniyle özenle korunması gereken taşınır kültür varlıklarımızdandır. Çeşitli nedenlerle bozulma sürecine giren toprak altı buluntusu camlar, özgünlüklerini yitirmemesi amacıyla, mutlaka bazı koruma ve onarım uygulamalarından geçirilmelidir. Koruma ve onarım uygulamaları bilimsel kıstaslarla dikkatli ve bilinçli yapılmalıdır.

Antik Çağ camlarının kimyası, üretim teknikleri ve bozulmalarının; uygulanan koruma ve onarım tekniklerinin camın kimyası ve üretim teknikleriyle uyumunun araştırılması ve tüm bu veriler doğrultusunda Antik Çağ camları için en doğru koruma ve onarım yöntemlerinin yeni tekliflerle ortaya konması amacıyla tarafımdan, 2007-2010 yıllarında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Ana Sanat Dalı Seramik Tasarımı Programında, Yrd. Doç. Dr. İlhan Hasdemir danışmanlığında "Üretimine ve Kimyasına Uygun Olarak Antik Cam Restorasyonu İrdelemesi ve Öneriler" başlıklı bir tez hazırlanmış ve 15.06.2010 tarihinde jüride yer alan Prof. Dr. Elif Tül Tulunay, Yrd. Doç. İrfan Aydın ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. İlhan Hasdemir tarafından kabul edilmiştir. Bu kitabın da genel hatlarını oluşturan, MÖ 2. bin ile MS 1. bin tarihleri arasındaki toprak altından ele geçen Antik Çağ camlarına uygulanmış olan ve uygulanması gereken koruma ve onarım yöntemlerini kapsayan tezimde, su altı buluntusu Antik Çağ camları değerlendirme dışında tutulmuştur. Çalışmalar sırasında cam üretim tekniklerindeki kavram ve teknoloji karmaşası dikkatimizi çektiğinden, antik camların üretim teknikleriyle ilişkili "Eskiçağ'da Cam" adlı bir çalışmayı daha önce gerçekleştirmiştik

(Baykan-Baykan 2012). Ülkemizin toprak altı arkeoloji kazılarından ele geçen Antik Çağ camlarının bozulma nedenleri ve koruma sorunları ile yeni önerilerin ortaya konmasıyla, yapılacak koruma ve onarım uygulamalarına ve ilerideki çalışmalara katkı sağlamaya çalıştığım bu çalışma, tezime dayanmakla birlikte, bazı kısımlar sadeleştirilmiş ve bazı ekleme ve güncellemeler de yapılmıştır.

Toprak altı cam buluntuların üretimlerine ve kimyasına uygun koruma ve onarım uygulamalarını irdeleyerek öneriler sunmaya çalıştığım bu çalışmamın planlanma ve düzenlilik içerisinde kaleme alınmasında yardımcı olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. İlhan Hasdemir'e; değerli hocam Prof. Dr. Elif Tül Tulunay'a, Arş. Gör. Ergün Karaca'ya, İngilizce özet çevirisi için Yrd. Doç. Dr. İlkan Hasdağlı, Burçin Ross ve Allen Ross'a, çalışmamın yayın aşamasındaki desteği için Ayşen Boylu'ya, hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu çalışmada da büyük desteğini gördüğüm eşim Doç. Dr. Daniş Baykan ve her zaman yanımda olan aileme çok teşekkür ederim.

Ceren Baykan
Edirne, Şubat 2014

Summary

Owing to the rich historical background of Anatolia providing an abundance of archaeological excavation sites, Ancient Glasses are of various chemical production techniques and forms are commonly unearthed. Due to their fragile texture, Ancient Glasses, which belonged to our mobile cultural heritage, have to be well protected to prevent further attrition once they have been collected from an excavation site. Accurate restoration and proper conservation of the Ancient Glasses, which deteriorated due to their chemical structure, production techniques, environmental conditions or the malpractices applied, are carefully examined in this study. Particular attention is focused on the evaluation of research in recent years documenting appropriate production and chemistry of ancient glass restoration practices are included in this work, with the specific intent to provide guidance for proper protection of uncovered glass works found in excavations in our country. New, alternative restoration proposals are presented that incorporate both the chemistry of Ancient Glasses and the reasons for their corruption, enabling proper restoration and conservation of Ancient Glasses.

Deformation of Ancient Glasses is can be caused by their chemical structures, production techniques, ambient conditions or misapplications. Restoration and conservation requires specific understanding of the production techniques, chemical structures and the reasons for deformation Ancient glasses deform as a result of the stages of production, excavation site, the environment in which it is found and the handling after recovery. The level and speed of the deformation vary according to the structure of the glass, the temperature of the environment, pH value, salt ratio and the amount of the water which the glass is exposed to. Some pieces, which were found in tomb contexts, show that glass is better preserved in dry and moisture free environments. Chemical and physical deformations arise because of the structure of the glass and the

effect of the environment. These deformations show themselves as either a deformation of the glass surface, cracking or breaking. In addition to observation and chemical analysis, the deformation of Ancient Glass can be determined with microscopic and spectral analysis. Comparison of each or some of these methods helps to understand the reasons for surface deformations.

The surface deformations seen on the Ancient Glasses are related to not blending the mixture well and its content, the moisture of the environment which the glass in, the change in the pH value and soil components. Micro inhomogeneity's which were formed by impurities that gather during the blending of the glass mixture's fusion cause some of the deformations. The white appearance of the point density of silica, which composes glass, causes breaking and cracking on the tensed areas and the point density of the sodium oxide causes stains on the surface with the effect of moisture.

Ancient manufacturing techniques decreased the fusion heat of the mixture by reducing the main former (SiO_2) and network modifiers (CaO, MgO, Al_2O_3) and by increasing the intermediates (Na_2O, K_2O). Glasses with high intermediate ratio undergo a rapid leaching with the change in the heat, pH and moisture of the environment. Glasses with a CaO ratio more than 10% undergo less leaching. Color oxides (Kocabaş 1998: 107), phosphate and fluorides (which are seen rarely) (Koob 2006: 14) cause a rapid leaching (Dal Bianco, Bertoncello, et al. 2005: 393-396). To better understand the surface deformations of the glasses and their reasons for deformation, the leaching stages will be investigated. The ions of the intermediates (Na_2O / K_2O) in the glass start the hydroxide formation (sodium hydroxide NaOH / potassium hydroxide KOH), a hydration process via diffusion, by changing places with the ions in the water or in the moisture. The surface, which starts to deform in this way, composes a protective shield. The diffusion of the metals in the soil to the glass surface causes surface iridescence. In the absence of metal in the soil, the developed NaOH and KOH causes dulling (Kunicki-Goldfinger 2003: 301-304).

Hydroxides form carbonates (sodium carbonate Na_2CO_3 / potassium carbonate K_2CO_3) by reacting with carbon dioxide ions in the atmosphere. The formation of carbonate on the glass surface extracts the environmental moisture to its structure more rapidly. The effect of the carbonate formation on the deformation of the glass surface and

the result vary according to the components of the glass. Light (white) stains in the beginning and then dark (brown / black) stains are seen in the glasses, whose CaO ratio is high and Na_2O ratio is low, when the carbonate formation on the surface absorbs the moisture. (Davison 2006: 184; Başaran 2000: 74-75, 79). With the inner pressure ($V_1Na_2O < V_2Na_2CO_3$), which happens with the increase in the carbonate volume, the surface of the glass is laminated whose CaO ratio is low and Na_2O ratio is high. Iridescent brittle lamination with various thicknesses (it differs from microscopic thickness to couple of millimetres) can be one or a few layered (Koob 2006: 13). The images, taken from the glass surfaces with the electron microscope, where lamination forms parallel to each other, give information on the structure of the formation and its thickness. The weathered glass becomes dull as a result of the laminated surface's flaking or exfoliation as a whole. The micro domains, which are formed by intermediates as a result of not blending the mixture well in the production in the Ancient Glasses, may cause pitting on the Ancient Glass surfaces during leaching and flaking. The deformation in the way of pitting forms either on the whole surface of glass or on a part of it (Lampropoulos, Leakou, et al. 2004: 36-37). Sectional pitting on the glass can clearly be seen with a cutaway view obtained from electron microscope. When micro inhomogeneity sections in the point pitting are bigger, the deformation is seen as ploughing formation. The ploughing formation on the glass surface (Lampropoulos, Leakou, et al. 2004: 38-45) was first observed in glass findings from Tarrha in 1960 (Buechner 1960: 109-117) whose deformation may have been caused by micro-organisms. This deformation type, which is interpreted as advanced large pits or the combination of large pits, is similar to pitting in terms of view and element loss, however; Na_2O, which completely disappears in the ploughings, shows that the loss is more in this formation. The ploughings, which form on the Ancient Glass surfaces, may be lines independent from each other or they may be canals combined to each other. The amount of humidity, salt and intermediates used in the glass are major factors in ploughing formations.

Ancient Glasses found on Rhodes, where pitting and ploughing surface deformations are intensive, crucially show the two deformations on the same piece of glass (Lampropoulos, Leakou, et al. 2004: 38). Microscopic imaging studies, conducted to better understand the reasons and the results of ploughing surface deformations, indicate that the

deformation does not cover the entire surface nor does it show regularities (independent lines or canals). The surfaces of the Ancient Glasses found on the toper layers of the soil encrusted with salt compounds such as carbonate salts; calcium carbonate ($CaCO_3$), magnesium carbonate ($MgCO_3$) and sodium carbonate (Na_2CO_3); sulphated salts; calcium sulphate ($CaSO_4$), magnesium sulphate ($MgSO_4$) and sodium sulphate (Na_2SO_4) or chlorinated salts; magnesium chloride (MgCl), sodium chloride (NaCl) and potassium chloride (KCl) (Abd Alla 2006: 39-49; Davison 2006: 171-172). Despite the thought (Davison 2006: 193; Başaran 2000: 79; Küçükkaya 2004: 86) that bacteria may cause Ancient Glass surface deformation, these types of sulphate deformations can only be seen on the glasses with high ratio of lead (Koob 2006: 14-15). Not going through restoration and conservation processes of the glasses after removal from the excavation site increases the surface deformation. Using high ratio of chemicals in the restoration and conservation processes can cause dulling and surface loss; the resolution of the adhesive tapes, used for combination and labelling, combined with moisture causes stains (Koob 2006: 14-15); endurable and non-recyclable adhesives (such as thermosetting resins) causes yellowing; the corrosion of metal clamps and fasteners, which are used unconsciously in renovation, causes stains (Davison 2006: 173). Inappropriate moisture and heat environmental control, heat and UV (ultraviolet) radiating illumination (Koob 2006: 137), packaging with unverified materials containing chemicals cause dulling and colour change on the Ancient Glass surfaces during storage and display.

The high rate of sodium oxide in the Ancient Glasses causes weakness in the structural strength, uncontrolled cooling during production causes strain on the glass, while insufficient heat of the glass melting furnace causes the glass to be intensively granulated. We obtain glasses in multiple fragments because of the reasons mentioned and the environment. The formation of the carbonate and the increase in the volume cause the laminated glass surface to flake. The inner pressure (Başaran 2000: 74-75) causes not only surface loss but also micro cracks and breaks. In the annealing process after the shaping, not cooling the Ancient Glasses for a long time and slowly forms strained sections (Başaran 2000: 78). It is difficult to produce the glass without strain as the inner and outer surfaces of the glass, which are directly exposed to air, cool and harden rapidly, while the internal sections

cool and harden more slowly. When the Ancient Glasses' annealing and production techniques are taken into consideration, it can be said that glasses produced before A.D. 1000 are more strained as a result of their thickness and insufficient annealing than the ones produced with blowing technique and cooled in the annealing section of the furnaces after A.D. 1000. It is possible that the cracking and the fragmentation of the glasses, strained by the production processes prior to 1000 A.D. may be due to the rapid heat change and impact. When the glass is taken out of excavation sites' humid and salty environment and into a hot, sunny environment instantly, expansion occurs producing pressure in the cracks of the glass caused by the crystallized salt. This additional pressure causes breaking. Tree or plant roots growing in glass pots either from the mouth or from the micro cracks in the glass cause the glass to shatter as pressure increases from root growth. In addition, living things, which burrow underground or lay eggs (such as mole, ant or snake), may cause breaking of the Ancient Glasses by shifting the pressure near the glass due to their close proximity movement and tunnelling. When the underground glasses are found, care must be taken within the local environment by protecting the glass from direct sunlight to prevent loss of humidity, cleaning the dirt around it with appropriate (not sharp or piercing tools) tools, refrain from touching the dirt on the glass and careful handling to prevent vibrations reduces physical destruction. This attention should also be shown in the laboratory environment. Similarly, while conducting restoration activities, cleaning the piece without sufficient observation or adequate skills, using non-recyclable or inappropriate adhesives and completion materials with the wrong combining methods may cause the Ancient Glasses to crack and break. Taking precautions necessary for glass pieces in the storage and exhibition areas such as earthquake, fire and theft, will prevent physical responses and breaking. Ancient Glasses should be supported against physical shocks. In this case, endurable and movable materials should not be used. First of all deformations should be determined by close observation. In accordance with the determination, the reasons causing the deformation should be examined. Underground glasses deform as a result of chemical and physical reasons. The deformations seen on the glasses should be classified as chemical and physical deformations and then deformation parameters should be identified. A clear understanding of the reasons and the processes

that caused the deformation helps to identify the correct methods and materials that should be used in the conservation and restoration processes.

The adhesive material used for combining the glasses must be recyclable, transparent, long lasting when exposed to atmospheric conditions as well as having sufficient concordant strength and viscosity to remove strain from the Ancient Glasses. This material is should not react with the glass and be easy to quickly apply. This study provided us an opportunity to observe some of the Ancient Glasses that were pasted with a non-recyclable and short-lived adhesive that are is still in use. The Ancient Glasses suffered ill effects from solvents when non-recyclable adhesives were removed. Fully recyclable Paraloid B-72 is very suitable to the chemical structure of the glass because it does not react with the glasses. The viscosity of Paraloid B-72 can be calibrated to the environmental heat and condition of the Ancient Glasses by a specialist during the preparation process and it has a fast hardening period. Paraloid B-72 is durable to environment in which the glass is preserved and no colour changing on the material is detected. As a result of the present study it can be claimed that Paraloid B-72 is the most suitable adhesive for the chemical structure of Ancient Glasses based on material observation literary research.

Covering the surface of the Ancient Glass with a film layer to prevent breakage due to contact with the air is an incorrect practice creating a moisture danger that accelerates the chemical corruption.

To prevent unintentional chemical reactions, the strained Ancient Glass must be kept separate from artefacts made of different materials such as metal and wood. Since temperature changes in the environment in which the glass is preserved may cause physical corruption, it is necessary to keep the ambient temperature between 18-20° and the relative moisture between 40-45% by using air conditioners with accurate moisture and temperature regulation. The silica gel or programmable electricity dry air fans must be used to balance the temperature and relative moisture of display windows. Sudden temperature changings may deform strained and dissolute Ancient Glasses physically. Therefore, light breaking filters, mechanisms for turning the light on when necessary and other special equipment must be used. Fibre optical lamps are appropriate for spot illuminating with cold light but free of infrared or ultraviolet rays. Heat inducing lamps create air flow causing dust par-

ticles move to in vicinity of the Ancient Glasses resulting in potential damage to the artefact.

This study attempts to assess the current methods used for restoration and conservation of Ancient Glasses with careful attention to scientific criteria, and to assess the negative and positive effects of the materials used thus far. This study shows that ancient glass deformations are not defined sufficiently and the processes of restoration and conservation of ancient glasses lack adequate planning regarding these deteriorations. In spite of the scarcity of publications on restoration and conservation of Ancient Glasses in our country, research in other countries supported by microscopic and spectral analysis methods, is providing greater accuracy in defining the types and causes of the deformations. Comparisons of these deformation definitions as well as observation of previous restorations, reveal that prior methods and materials (some still in use today) inadequate. This study provides the types and causes of deformations based on chemical structure and production methods of ancient glass and the material and the methods most appropriate for restoration phases of the Ancient Glasses are suggested.

1

Tarihsel Süreç İçinde Cam Üretimi ve Kimyası

Rastlantısal tabiat olaylarıyla ortaya çıktığı sanılan camın bulunuşuyla ilgili bir efsaneyi Plinius, *Naturalis Historia*[1] adlı eserinde aktarır (Plin. Nat. Hist. 36. 65). Aynı kaynakta geçen (Plin. Nat. Hist. 36. 65) ve cam hammaddesi olarak kullanıldığından bahsedilen *Belus*[2] kumları hakkında Josephus da bilgi vermektedir (Forbes 1957: 110-231). Arkeolojik buluntulara göre, bugün bildiğimiz cam ortaya çıkmadan, MÖ 4. binde sır malzemesi olarak kullanılmıştır (Demir 1999: 9). Horace C. Beck'in, camın kap formlarında kullanımından önce de bilindiği tezi halen geçerliliğini korumaktadır (Atik 2004: 48). Bağımsız cam malzeme üretiminin en erken örnekleri, MÖ 3. bine tarihlenen Mezopotamya ve Mısır boncuklarıdır (Küçükerman 1988).

Silis (silisyumdioksit-SiO_2), potas (potasyumkarbonat-K_2CO_3), soda (sodyumkarbonat-Na_2CO_3) ve kireçtaşı (kalsiyumkarbonat-$CaCO_3$) gibi hammaddelerden oluşan cam harmanı 1100 ^{o}C'de işlenebilir hal almaktadır (Hlavac 1983: 11-227; Kocabağ 2002). Antik Çağ'da cam harmanı tam ergimeye yetecek kadar ısıtılamamış ve sodanın (tadil edici[3]) fazla kullanımıyla silis kumunun ergime noktası düşürülmüştür. Camın suda çözülmemesi için de kireçtaşı sabitleyici olarak kullanılmış ve soğuma hızı da kireçtaşı miktarıyla ayarlanmaya çalışılmıştır. %60-75

1 "*...Suriye'de Fenikeliler zamanında Carmelus Dağı'nın alçak tepeleri arasında Candebia adında bataklık bir bölge vardır. Belus Nehri'nin bu bataklıkta başladığı ve sekiz kilometre sonra Ptolemaios şehri yakınında denize dökülür… Çamurlu birikintili derin nehrin dibindeki kum, ancak suların çekilmesiyle meydana çıkardı. …Kumun toplandığı bir kilometreden az olan kıyı boyu asırlarca cam yapımında kullanılan hammaddenin kaynağı olmuştur. Rivayete göre güherçile dolu bir gemi burada demirler; gemi tayfaları kıyıda yemek hazırlamak üzere odun yakacakları bir ocak kurmak istediklerinde civarda taş bulamadıklarından gemiden getirdikleri güherçile bloklarını kullanırlar. Odunlar yanınca kum ve güherçile birlikte erir ve saydam bir sıvının ocaktan sızdığını gördüklerinde cam bulunmuş olur.*"

2 "*Belus Nehri'nin yakınında Menon Anıtı yanında… yuvarlak ve derin bir yerde cam yapılan bir tür kum bulunur. Gemiler buradan kum aldıkları için sahilde kum azalsa da rüzgârlar yeniden sahile kum dolduruyor…*"

3 Soda (sodyumkarbonat-Na_2CO_3) ve potas (potasyumkarbonat-K_2CO_3) hammaddeleri camın ergime sıcaklığını düşüren tadil edicilerdir.

SiO_2, %12-18 Na_2O ve %5-12 CaO içeren soda-kireç camları, şekillendirilebilme süresi uzun olduğundan detaylı ve plastik üretime uygunluğuyla Antik Çağ'da yaygın olarak kullanılmıştır. Parlak görünüme sahip ve daha sert olan, Na_2O yerine yine %12-18 K_2O içeren potas-kireç camları, Antik Çağ'da nadiren kullanılmıştır. Yüksek miktarda katılan tadil ediciler ergime sıcaklığını 725 ^{o}C'ye kadar düşürse de homojen akışkanlıkta şeffaf cam için daha yüksek ısı gereklidir. Antik Çağ'da ergime için yeterli ısıya ulaşılamadığından cam harmanının rastgele ölçülerle (oransız) ayarlandığı görüşü de yaygındır. Silis kumunun bünyesinde %1-3 oranında bulunan demir, cama yeşilimsi bir renk vermektedir. Renksiz cam üretmek için günümüzde de kullanılan manganez, bazı Mısır kumlarında doğal olarak bulunduğundan Mısırlılar renksiz cam üretebilmiştir. Ayrıca silis kumunun demir oksitten arındırılması haricinde bir Mısır fırınında, ön ergitmesi tamamlanmamış cam harmanıyla bulunan bir ön ergitme potası, silis kumu yerine öğütülmüş kuvarsitin kullanıldığını açıkça göstermektedir (Davison 2006: 139). Kalay oksidin (SnO_2), MÖ 1500'de camı opak yaptığının keşfedilmesinden sonra değerli taşları taklit amacıyla, metal oksitler cam renklendirmede kullanılmıştır. Bugün de olduğu gibi, bakıroksit (CuO), demiroksit (FeO), kobaltoksit (CoO), manganoksit (MnO), gümüşoksit (AgO) ve nikeloksit (NiO) Antik Çağ'da da kullanılan cam renklendiricileridir (Atik 2004: 61).[4] Mezopotamya Tell Umar'da bulunan bir tablet, bakıroksitle renklendirilmiş, zukû, tersitu (mavi sır) ve uknû (Mısır/lapis mavisi) camları[5] hakkında bilgi vermektedir (Forbes 1957: 131-132). Bir başka tablette "*Camı kırmızı üzüm rengini alana kadar kaynat, camı ocak ya da tuğlanın üstüne koy… Onu dört gözü açıkken yerleştir… Ateşin iyi ve dumansız yanmasını sağla… Cam kor olana kadar fırının kapağını kapatma. Sararmaya başlayana kadar kendine doğru karıştır…*" denmekte ve birinci ergitme için gereken *kızıl sıcaklık* 850 ^{o}C dereceden az, ikinci ergitme

4 Cama demir, yeşil-mavi-sarı; kobalt, koyu mavi-açık mavi; bakır, yeşil-turkuaz-mavi; mangan, mor-eflatun; gümüş, sarı; altın, kırmızı-pembe renk vermek amacıyla kullanılmıştır. Antik Çağ'da kullanılan renk oksitlerle ilgili yapılmış arkeometrik çalışmalar için bk.: Beşer-Demirci 2012: 47-56.

5 "*zukû cam: 10 şekel kurşun, 15 şekel bakır, ½ şekel güherçile, ½ şekel kireç karışımını fırına koyduktan sonra kırmızı renkli cam elde edersin; bu karışıma 1/16 şekel kurşun ekle; 14 şekel bakır, 2 şekel kireç, 1 şekel güherçile; bunu fırına koyarsan kırmızı renkli cam elde edersin; ondan sonra yeşil kili, sirke ve bakır içinde sakla; bu saklamanın 3. gününde; bakır pasını al dışarıda süz; dışarıda bırak ve kurut; mermer gibi bir şey elde edersin; bunun adı Akkadian santu camıdır; bunu eşit şekillerde bölebilirsin; onu havanda ez; erit; bu eriyiğe 1,5 şekel zukû camı; 7 ½ şekel güherçile, 7 ½ parça bakır, 7 ½ parça kurşun; bunu yine havanda ez, erit ve soğut, ateşte ısıt, ateşten çıkart...*"

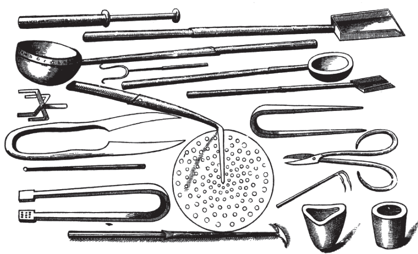
için gereken *sarı sıcaklık* yaklaşık 1100 °C olmalı diye yorumlanabilir (Davison 2006: 137). Diğer bir tablette de "*iyi bir cam fırını kuracağında öncelikle… uygun bir ay seç… Şayet mavi renkli cam istiyorsan gayet ince 10 mina kuvars taşını döveceksin. 15 mina naga bitkisinin kökü ve 1,67 mina beyaz bitki karıştıracaksın*" bilgisi bulunmaktadır (Demir 1999: 6). Harmanda bulunan katkı maddelerinden özellikle bitkilerin, izotop analizi yöntemi ile tespit edilmesi, en azından cam hammaddesinin imal edildiği coğrafyanın belirlenmesi açısından önem taşımaktadır (Henderson-Evans vd. 2005: 665-673; Freestone-Leslie vd. 2003: 19-32). Vergina (Yunanistan) kazısından ele geçen bir grup cama yapılan kimyasal ve kurşun izotop analizleri sonucunda hammaddenin Mezopotamya kaynaklı olduğu görülmüştür (Brill 1994: 11-23). Antik Çağ'da ergimenin daha kolay olması için harman hazırlanırken içerisine cam kırıklarının konulması alışılmış bir uygulamaydı ve hammaddesi pahalı olan camın kırıklarının dahi ticari değeri vardı (Tek 2005: 116).

Cam harmanının ateşin ısısıyla, şekillendirilmeye uygun akışkan cam elde edilme işlemi ergime aşamasıdır. Bu aşamanın gerçekleştirildiği kapalı düzeneğe cam ergitme fırını denir. Cam ergitme fırınları cam harmanının ergitildiği yere göre ikiye ayrılmaktadır. Bunların ilkinde, cam harmanı veya cam kırıkları *pota* denilen pişmiş toprak kaplara konularak ergitilir. Cam ergitme fırınının kapasitesi pota büyüklüğü ve sayısını değiştirmektedir. Kâse şeklindeki ilk cam ergitme potaları, zamanla içine yabancı maddelerin düşmesini ve ısı kaybını engelleyerek daha homojen bir karışım sağlamak amacıyla, sadece ağzı açık kapalı kaplara dönüşmüştür. İkinci tip ergitme fırınlarında harman doğrudan fırındaki ergitme haznesinde ergitilmiştir (Kanyak 2009: 13-15). Antik Çağ'ın başta sıvalı kerpiç cam fırınları zamanla duvarlarında tuğla veya taş kullanılan kubbe veya düz çatılı, iç kısmı ızgaralı cam fırınlarına dönüşmüştür (Kanyak 2009: 18). Mezopotamya tabletlerinden birinde, bir cam atölyesinde 3 fırın tipinden bahsedilmiştir: ilki dört gözlü ön ergitme, ikincisi kapaklı, üçüncüsü uzun süreli (bir hafta) yanma fırınıdır (Charleston 1978: 9-10). Olasılıkla 1000-1100 °C dereceye ulaşabilen Mezopotamya fırınlarında kullanılan açık ve kapalı potalar muhtemelen bronz döküm tekniğinden türemiştir; çivi yazısı tabletlerde, ayaklarla (*nimedu*) desteklenen temiz cam potalarının (*taptuzakatu*) fırın tavanına değmeyecek şekilde yerleştirildiğinden ve "*su'lu*" denilen bir aletin cam eriyiğini büyük potadan daha küçüğe aktarmakta kullanıldığından bahsedilmiştir (Davison 2006: 137). Cam ergitme fırınında kullanılan ya-

kıtlar hakkında yazılı kaynaklar bilgi verebilmektedir. Mezopotamya'da bulunan tabletlerde, yakıt olarak ılgın, papirüs ve kavağın kullanıldığı, ayrıca odunların kesim zamanlarının, kalitesinin[6] ve fırına konuluş şekillerinin önem taşıdığı görülmektedir (Demir 1999: 6). Mısır cam ergitme fırınlarında yakıt olarak palmiye ve bir çeşit incir ağacı olan ficus sycromorus odunu kullanıldığı Tell-el Amarna cam ergitme fırınından alınan karbon örneğine yapılan analiz sonucunda anlaşılmıştır (Jackson-Nicholson vd. 1998: 18-19).

Cam harmanına hapsolmuş habbe adı verilen hava boşluklarının üretim sırasında çıkartılma işlemine afinasyon denir. Habbeler camın mekanik dayanımını azalttığı gibi optik görüntü hatalarına da sebep olur. Antik Çağ camlarında sık karşılaşılan bu problemin en önemli nedeni cam ergitme fırınlarında 1200 ^{o}C ısının üzerine çıkılamamasıdır. Habbelerin olumsuz etkisinden dolayı Antik Çağ'da da afinasyon işlemi için çeşitli yöntemlerin denendiği bilinmektedir. Günümüzde de harmana afinasyon amacıyla katılan antimon oksidin (Sb_20_3) Antik Çağ'da da (afinasyon veya opaklaştırma amacıyla) kullanıldığı kimyasal analizlerden anlaşılmaktadır. Ayrıca çivi yazılı tabletlerde[7] *mutirru* (Suriye'de "*mattara*", Latincede "*rutabulum*") isimli kancanın ergitme esnasında habbe oluşumunu azaltmak için camı karıştırmakta kullanıldığını bilmekteyiz (Davison 2006: 137).

Günümüzde de kullanılan az sayıdaki basit şekillendirme aletlerinden kalıp, üretime göre boyutu farklılık gösteren üfleme çubuğu (pipo), yardımcı çubuk (noble çubuğu) ve makas gibi aletlerin aynıları ya da benzeri Antik Çağ'da da kullanılmıştır (Resim 1). Antik Çağ'da bu aletlerle yapılan cam şekillendirme teknikleri kalıplama ve üfleme olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Antik Çağ kalıpta üretim teknikleri (Baykan, C.-Baykan, D. 2012) masif dökümü soğuk



Resim 1. Cam üretiminde kullanılan aletler

6 "*Kullanacağın odun kalın ve kabuğu soyulmuş kavak ağacı olmalı; budaksız, deri şeritlerle birbirine bağlanmış ve Temmuz/Ağustos ayında kesilmiş bir odun fırına konabilir…*"

7 "*eriyik sarardıktan sonra bir mutirru ile damla alıp damlat eğer hava kabarcıkları yoksa onu fırının içinde yeni bir kalıba dök*".

işleme, iç kalıp, kalıba sıkıştırma, kalıba basma ve kalıba çökertmedir. Bezeme amaçlı kalıp teknikleri ise mozaik (bin çiçekli, çizgili, desenli çubuklu, şeritli), zıt renkli tabaka, kafes ve varak sıkıştırmadır. Üfleme tekniği ise serbest ve kalıba üfleme olmak üzere sınıflandırılmaktadır.[8]

Cam ani bir ısı değişimiyle oluşacak gerilimle kolayca parçalanabildiği için üretimi henüz tamamlanmış camın, kontrollü olarak soğutulması yani "*tavlama*" gereklidir. Erken dönemlerde üretilen cam, ergitme fırını içindeki bir yerde uzun süre kapalı tutularak ve soğumaya bırakılarak tavlanmaya çalışılmış olmalıdır. Üfleme tekniğinin bulunuşundan sonraki fırınlarda tavlama bölümünün oluşturulmasıyla soğutma daha kontrollü yapılabilmiştir.

1.1. MÖ 2. Bin Camları

Güney Mezopotamya'daki Tell Asmar kazılarında ele geçen ve MÖ 2300'e tarihlenen açık mavi renkli silindir cam çubuk, Eridu kazılarında ele geçen MÖ 2100'e tarihlenen işlenmemiş cam külçe ve Ur kentindeki mezardan ele geçen boncuklar, camın Mezopotamya'da keşfedildiğini ortaya koymaktadır (Atik 2004: 48). Bu keşif sırlı boncuk, duvar fayansı ve seramik gibi malzemenin zaten Mezopotamya'da üretilerek kullanılmasının bir sonucudur. Cam tarihindeki ilk şekillendirme yöntemi MÖ 3. bin sonlarında görülen, taşçı alet ve tekniğiyle sıcak döküm sonrasında şekillendirmenin soğuk cama yapıldığı tekniktir; buna *masif dökümü soğuk işleme tekniği* (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 13-14) diyebiliriz. Bu teknikle boncuk, mühür, çubuk, kakma gibi küçük nes-



Resim 2. Mezopotamya ve Mısır kozmetik kapları

8 Antik Çağ'daki şekillendirme yöntemlerinin günümüzde yapılan denemeleri için bk.: Uzuner 2004.

neler (Lightfoot-Arslan 1992: 1-13) yanında MÖ 16. yüzyıl sonlarına ait Kuzey Mezopotamya'da üretilen ilk kalın cidarlı ve renkli cam kaplar (küçük şişeler) (Yağcı 1993: 34) da yapılmıştır (Resim 2).

Bir kalıp ya da düzleme dökülen sıcak cam eriyiğinin soğumasının ardından (genelde içi oyularak) işlenmesi yöntemi kendinden sonra gelişen asıl masif döküm tekniğinin ilk uygulamasıdır. MÖ 2. bin yıl ortalarında Mısır ve Mezopotamya'da, MÖ 2. bin yılsonlarında Doğu Akdeniz'de görülen ve kum çekirdek, kum maça[9] veya kum kalıp isimleriyle de geçen *iç kalıp tekniği* (Lightfoot-Arslan 1992: 10; Canav 1985: 25-26; Atik 2004: 65; Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 15-16) farklı malzemeden bir iç şekle cam kaplanmasıdır. Yüksek derecede ısıtılan çekirdek, toz cam üzerinde yuvarlanır veya kalıp üzerine cam tozu serpilir. Eğer çekirdek yeterince ısınmış ise, küçük cam tanecikleri erir ve yüzey camla kaplanır. Isıtma işlemi tekrarlanır, sert yüzeyde yuvarlanan çekirdek üzerindeki cama istenilen biçim verilir, istenilen kalınlık sağlanıncaya kadar işlem devam eder veya ısıtılan çekirdek potadaki ergimiş cama daldırılarak camın çekirdeğe sıvanması sağlanır. Bir diğer çubukla kalıp etrafına cam dolanır, düz ve sert yüzeyde yuvarlanır. Bezeme için dolanan renkli cam tahta tarak veya sivri uçlu metalle şekillendirildikten sonra yuvarlanarak cidar kalınlığı ayarlanır. Birçok kez tekrarlanan bu işlemler ardından ağız, dip ve kulp eklenebilir. Soğuyan kabın içindeki kalıp kırılıp temizlenir. İç kalıp tekniği MÖ 1. binde ufak kozmetik kapların üretiminde kullanılmıştır (Resim 3). Yine MÖ 2. bin sonlarında görülmeye başlanan masif döküm tekniğindeyse, bir araya geldiğinde arası boş kalan pişmiş topraktan iç ve dış kalıbın arası toz ve parça camlarla doldurulur; fırında tamamen eriyip kalıbın formunu alır (Özet 1987: 592).



Resim 3. İç kalıp tekniğinde üretilmiş bir kap

İlk cam üretim merkezi olan Mezopotamya'da ele geçen yerel üretimlerin (Caley 1962: 84) kimyasal analiz örnekleri

9 Maden heykel ve içi boş cam kap imalatında kullanılan dolgu kalıba *maça* denmektedir.

(Tablo 1) için tekil dört örneğin haricinde üç dönemin ortalamalarından çıkan sonuçları da verilmiştir. Özellikle dönem ortalamalarından Mezopotamya bölgesinde üretilen camlarda 1200 yıl içerisinde büyük bir kimyasal farklılığın görülmemesi, hammaddelerin ve kaynaklarının değişmediğini göstermesi açısından geleneksel bir üretim olarak son derece önemlidir.

Tablo 1. Mezopotamya camlarının analiz sonucu

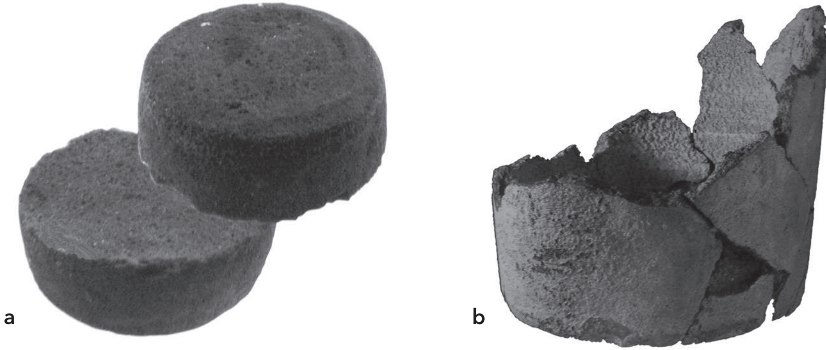
Adı	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	MgO
Örnek 1	71,1	16,54	2,1	8,04	2,58	5,5
Örnek 2	69,8	14,5	2,88	7,66	2,48	5,4
Örnek 3	68	14,37	2,48	7,53	2,13	5,31
Örnek 4	65,4	13,98	2,37	7,1	2,06	4,92
MÖ 15-14. yy. Örnekleri	64,7	15,68	2,03	6,92	1,83	4,06
MÖ 8-6. yy. Örnekleri	65,4	15,53	1,79	7,96	0,43	4,83
MÖ 3. yy. Örnekleri	65,8	14,15	2,35	6,57	2,13	4,77



Resim 4. MÖ 2. bin ticaret malzemeleri ve ticaret yolları

Mezopotamya camları, kısa süre içinde başta Mısır olmak üzere diğer merkezlere ihraç edilen bir ticari malzeme haline gelmiştir (Lightfoot-Arslan 1992: 1). Çivi yazılı metinlerde Mısır'ın "*mekku*" ve "*ehlipakku*" adıyla anılan ön ergitme külçelerini Mezopotamya'dan getirttiğinden bahsedilir (Davison 2006: 139). MÖ 2. bine ait Uluburun batığının bulunması, geminin ticari yükünün ve geliş yerlerinin saptanmaya çalışılması (Resim 4) döneme ait bilgilerimize çok büyük katkıda bulunmuştur (Yalçın 2006: 21-26).

Cam külçelerin ticaretinin potalarıyla mı yapıldığı problemi ilk kez Uluburun batığı sayesinde açıklanabilmiştir ve külçelerin potasız taşındıkları anlaşılmıştır (Resim 5.a). Böylelikle arkeolojik kazılarda cam ergitme potası bulunan tüm yerleşimlerin, cam üretimiyle olan kesin bağlantısı da ortaya konabilmiştir.[10] 2005 yılında Mısır Kantir kazılarında potaların (Resim 5.b) ele geçmesi, Mısır'da Tel-el Amarna'dan[11] başka cam işliklerinin de olduğunu göstermektedir (Rehren 2006: 535-541).



Resim 5. Uluburun batığı cam külçeleri ve Mısır cam potası

Mısır duvar resimlerinde (MÖ 15. yüzyıl) görülen cam şarap sürahileri arkeolojik olarak henüz tespit edilememişse de IX. Sülale Dönemi'nden (MÖ 1293-1185) çok sayıdaki cam eser yerleşik atölyelere işaret etmektedir (Davison 2006: 19). Mobilya, mimari ve cenaze eşyalarının opak

10 Uluburun'da bulunan cam külçelerin bugüne kadar ele geçmiş potalarla karşılaştırılması için bk.: Nicholson-Jackson vd. 1997: 143-153.

11 Tel-el Amarna'daki cam üretimi için bk.: Nicholson 1995: 11-19; Jackson-Nicholson 1998: 11-23.

renkli ve MÖ 2. bine tarihlenen Malkata buluntusu kakmalar (Shortland-Eremin 2006: 581-603) ve Tell-el Amarna (Forbes 1957: 211-212) yerleşimlerinden ele geçen cam parçaları (Tablo 2-3) yerel üretim olmalıdır (Shortland-Tite 2000: 141-151).

Tablo 2. Malkata ve Tell-el Amarna camlarının analiz sonucu

Örnek	BM9	FITZ5	FITZ6	COP6	COP27	UPP25	UPP5
Renk	Opal Kırmızı	Opal Yeşil	Y. saydam Sarı	Opal Beyaz	Y. saydam Mavi	Y. saydam Kahverengi	Y. saydam Renksiz
SiO_2	59.7	61.5	62.4	64.0	63.8	63.8	67.1
Na_2O	19.2.	18.1.	18.8.	24.4.	17.7.	19.1.	14.2.
K_2O	2.3.	2.5.	1.5.	0.9	2.1.	3.1.	3.0
CaO	6.6.	6.7.	5.9.	4.8.	8.5.	7.2.	8.6.
Al_2O_3	0.5	0.4	0.5	0.9	0.8	0.4	1.1.
MgO	4.5.	3.5.	3.6.	2.4.	3.2.	4.0	3.9.
FeO	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.2	0.6
TiO_2	0.06	-	0.03	0.07	0.06	0.04	0.08
CuO	2.97.	2.02.	0.06	0.02	1.69.	-	-
MnO	0.04	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.03

Tablo 3. Berlin Müzesi'ndeki Tell-el Amarna camlarının analiz sonucu

Örnek Renk	Koyu mavi, Opak Kap Boynu	Koyu mavi, Opak Kap Boynu	Açık sarı, Opak Çubuk	Yeşil, Opak Çubuk	Siyah, Opak Kütle	Açık Mor, Opak Gövde Parçası	Hematit, Opak Gövde Parçası	Turkuaz, Opak Boncuk
SiO_2	61,7	59,55	62,71	62,44	64,1	62,27	51,35	62,58
Na_2O	17,63	14,86	20,26	18,08	19,3	19,94	17,22	18,19
K_2O	1,58	7,36		2,76	2,76		1,86	2,75
CaO	10,05	10,6	9,16	9,23	7	10,13	8,4	9,33
Al_2O_3	2,45	3	1,47	1	1,34	0,75	0,9	0,82
MgO	5,14	4,43	4,52	3,05	3,52	4,17	2,54	4,37
Fe_2O_3	0,72	0,44	0,96	0,54	0,5	0,57	0,75	0,58
MnO	0,47	-	-	-	0,32	0,89	-	-
CuO	0,32	0,45	-	2	0,2	-	-	0,52
PbO	-	-	0,92	0,47	-	-	12,02	-
SO_3	-	-	-	0,72	0,78	1,21	5,46	0,45

Tell-el Amarna camları dönemin özelliği olarak renkli ve opak camlar ile cam üretiminin başlangıcından itibaren ticarette aranılan Mısır/kobalt mavisidir (Shortland-Tite 2006: 153-168) (Tablo 4-5). Tablo

6'da Mısır üretimi camların dönemsel analiz sonuçları görülmektedir (Caley 1962: 70-72).

Tablo 4. Tell-el Amarna buluntusu Mısır kobalt camlarının analiz sonucu

Örnek	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	MgO	FeO	TiO_2	CoO	CuO	P_2O_5	MnO
E5613/7	62,8	22,1	1,1	4,6	2,5	3,8	1	0,2	0,09	0,61	0,2	0,56
AM37	67,9	21,2	0,6	4,6	2	2,6	0,4	0,1	0,16	0,1	0,1	0,16
AM22	64,6	20,2	0,8	8,8	1,8	2,5	0,5	0,1	0,17	0,11	-	0,22
E5613/3	59,9	19,9	0,5	8,6	4,1	4,5	0,6	0,2	0,27	0,04	0,2	0,24
E5613/2	59,6	19,8	0,6	8,6	4,3	4,6	0,7	0,1	0,37	0,06	0,1	0,31
E5613/1	67	19,5	0,9	7,4	1,4	2,9	0,4	0,1	0,05	0,01	0,1	0,07
E5613/5	64,2	18,7	1,6	8,5	2,1	3,3	0,5	0,1	0,16	0,26	0,1	0,18

Tablo 5. Renkli Mısır camlarının analiz sonucu

Tarih	MÖ 19-17. yüzyıl		MÖ 16-11. yüzyıl				
Renk	Saydam	Sarı	Turuncu	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
SiO_2	68,3	68	59	60,7	59,8	59,9	60,3
Na_2O	20,2	19,4	30,2	29,8	30,5	30,1	30,4
K_2O	2	2,2					
CaO	4,9	5	3,7	3,6	3,4	3,9	3,8
Al_2O_3	3,2	4	3,9	2,3	2,7	2,7	2,3
MgO	1	0,9	3	3	3	2,8	2,6
MnO	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,7	0,6

Tablo 6. Dönemlere göre Mısır üretimi camların analiz sonucu

Dönem	Buluntu Yeri	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	MgO
MÖ 15. yüzyıl	Thebes	65,2	15,76	2,29	5,8	2,97	3,23
MÖ 14. yüzyıl	Tell-el Amarna	61,6	20,63	0,62	9,19	1,47	4,13
MÖ 2-1. yüzyıl	Elephantine	64,8	21,02	0,53	7,43	2,55	2,06
MÖ 1-MS 1. yüzyıl	Alexandria	68	15,08	0,17	10,1	4,42	0,97

Genellikle MÖ 1. bin öncesine ait Mezopotamya ve Mısır üretimi camların kimyasal analizleri incelendiğinde, genel oksit ortalaması şu şekildedir; %64 cam yapıcı (SiO_2), %23 tadil edici (%18 Na_2O, %5 K_2O) ve %13,1 aracı (%7,5 CaO, %3,8 MgO, %1,8 Al_2O_3). Oksit ortalamalarına göre bu dönemde Mezopotamya ve Mısır'da üretilen camlar, soda camıdır. Mezopotamya ve Mısır camlarını birbirleriyle karşılaş-

tırdığımızda ise Mısır camlarında daha az cam yapıcı (SiO_2), için daha çok tadil edici (Na_2O) kullanıldığı görülmektedir. Buna karşın Mezopotamya camlarındaki K_2O oranı Mısır camlarından daha fazladır. K_2O oranının, harmanın hammaddesiyle ilişkili olduğu düşünülürse Mısır'da yerel üretilmiş camlarla birlikte bulunan bazı camların, aslında Mezopotamya'dan ithal edilmiş olma ihtimali ortaya çıkmaktadır.

1.2. MÖ 1. Bin Camları

MÖ 1. binin başlarına gelindiğinde özellikle Suriye ve Mezopotamya'da (MÖ 9. yüzyılda) cam üretiminin yeniden canlanmaya başladığını görmekteyiz. MÖ 9. yüzyıl sonlarında tahrip edilen Hasanlu Kalesi'nde bulunan mozaik cam bardak parçaları; Gordion'da bulunan bir kâse (MÖ 8. yüzyıl sonu) (Saldern 1975: 37-46); Eridu'da bulunan turkuaz renkli opak külçe (MÖ 7. yüzyıl) (Davison 2006: 137); Urartu yerleşimi Karmir Blur, Suriye ve Filistin'de bulunan iç kalıp yöntemiyle üretilmiş kaplar bu dönemdeki cam imalatının canlandığını gösteren arkeolojik verilerdir. Tekrar üretilmeye başlayan iç kalıp kaplar, MÖ 7. yüzyılda İran'a ihraç edilmiştir. Kısa süre sonra İran da yerel üretime başlamıştır. Susa'da imal edilen kaplar, Mezopotamya örneklerinin birer kopyasıdır. MÖ 6. yüzyıla gelindiğinde Mısır ve tüm Akdeniz havzasında cam üretimi ve ticareti adeta bir yarış halini almıştır. Rodos'ta bulunan cam kozmetik kapları, Mezopotamya'dan ihraç veya göç eden Mezopotamyalı ustaların yerel üretimidir. Rodos, MÖ 6. yüzyıl ortalarında iç kalıp yöntemini kullanan önemli bir merkez haline gelmiş; büyük olasılıkla buradan Akdeniz ve Karadeniz Bölgeleri'ne yayılmıştır.[12] Kokulu yağ, merhem ve kozmetik konulan bu tip kapların İstanbul Arkeoloji Müzeleri'nde bulunan örneklerinin analizleri (Atik 2004: 119-124) (Tablo 7) bu kapların, soda-kireç camı olduğunu ve K_2O oranlarının daima %1'in altında olduğunu göstermektedir.

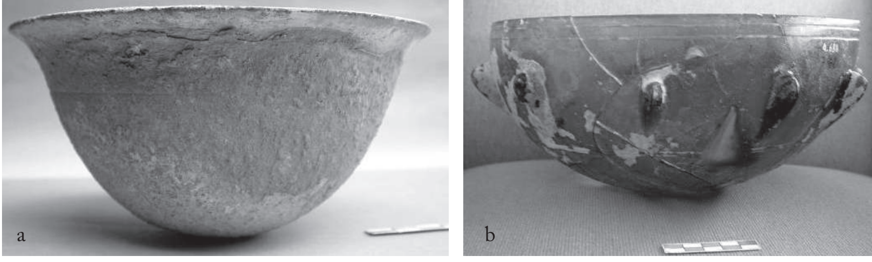
12 Rodos, Kıbrıs, Güney İtalya ve Fenike'nin kıyı şehirleri olası üretim merkezleri olarak önerilir. Bu tip kapların Gordion kazılarında ele geçmiş örnekleri için bk.: Duncan Jones 1995: 21-33.

Tablo 7. MÖ 6-4. yüzyıl küçük kozmetik şişesi örneklerinin analiz sonucu

	Kos	Lindos	Eleonte	Çandarlı
Örnek				
SiO_2	67,17	71,58	71,14	68,66
Na_2O	16,38	14,07	15,23	16,03
K_2O	0,64	0,79	0,43	0,23
CaO	7,95	7,54	6,79	10,32
Al_2O_3	2,51	2,4	1,9	1,93
MgO	0,69	0,49	0,64	0,51
Fe_2O_3	0,8	1,51	2,07	0,88

	Çandarlı	Assos	Rodos
Örnek			
SiO_2	64,39	70,78	69,27
Na_2O	15,8	16,19	16,85
K_2O	0,55	0,51	0,47
CaO	9,8	7,37	7,72
Al_2O_3	2,65	2,42	2,25
MgO	0,59	0,22	0,41
SO_3	0,5	0,3	0,38
Fe_2O_3	4,18	0,84	1,34

MÖ 1. binde kâse gibi açık ağızlı kapların bezemeli yapılabilmesi için *kalıba basma tekniği* kullanılmıştır (Resim 6.a). *Kalıba sıkıştırma tekniği*nde (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 17) cam eriyiği dış kalıp ile iç kalıp arasında sıkıştırılarak kalıpların tam formunu alması sağlanır. Benzer kapları daha görsel ve daha çıkıntılı yapabilmek için *kalıba basma ve kalıba çökertme teknikleri* (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 17-22) kullanılmıştır (Resim 6.b).



Resim 6. Kalıba sıkıştırma (MÖ 2. yüzyıl) ve kalıba basma (MÖ 4. yüzyıl) tekniğinde iki kâse

Kökeni Mezopotamya'ya uzanan (Atik 1998: 365-376) *mozaik tekniği*, düzensiz cam kırık ve tozlarıyla yapıldığında *basit mozaik*, özel biçimlendirilerek dikine kesilmiş dairesel çubuk parçalarından yapıldığında *bin çiçekli*, özel biçimlendirilerek enine kesilmiş dörtgen çubuk şeritlerinden yapıldığında *renkli şeritli*, renkli şerit tekniğinde altın kullanıldığında *altın şeritli*, renkli ve desenli cam iplikli çubuklardan yapıldığında *reticelli* (*reticello*) olarak adlandırılır.[13] Reticelli tekniğini *desenli çubuklu mozaik tekniği* (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 25) olarak Türkçeleştirmemiz mümkündür. En erken tarihli Mezopotamya mozaik camlarından biri İstanbul Arkeoloji Müzeleri koleksiyonundadır (Atik 1998: 371-372) (Resim 7).



Resim 7. Asur buluntusu MÖ 9-8. yüzyıla ait mozaik kap

Resim 8'de desenli çubuklu mozaik tekniğinde bir kâse (MÖ 1. yüzyıl) ve altın şerit tekniğinde bir kozmetik şişesi (MÖ 1. yüzyıl) görülmektedir. Erken örnekleri tek renkli çubuklardan düzenlenen *bin çiçek*

13 Farklı tekniklerdeki mozaik kapların şekillendirilmeleri için bk.: Grose 1984: 25-34; Atik 2004: 69-70.

(*millefieori*) uygulamasında, MÖ 1. binin sonlarında çok renkli çubuk demetleri ısıtılıp çekildikten sonra kesilen küçük parçalar, kalıba dizildiğinde dağılmamaları için bir de iç kalıp konularak fırınlanmıştır (Atik 2004: 69). *Renkli şerit* tekniğinde, istenilen renklerle önceden biçimlendirilen dörtgen çubuklar enine kesilerek şeritler oluşturulur; ısıtılmış iç kalıbın yan yana dizilen bu şeritleri tutması sağlanarak kalıpta döndürme yardımıyla yüzeyde görülen hareketlilik gerçekleştirilir; eğer renkli şeritlerin yapımı sırasında renkler arasında altın kullanılmışsa, renkli şerit tekniğindeki gibi yapılan işlem altın şerit adını almaktadır (Cummings 2002: 54-57). *Desenli çubuklu mozaik* tekniğinde renkli cam ipliklerinin renksiz cam içine alınıp döndürülmesiyle oluşturulan çubuklar, ağ ya da kafes biçiminde dizilir ve fırındaki bir kalıpta tekrar ergitilerek kap formu verilir.



Resim 8. Desenli çubuklu mozaik ve altın şerit teknikleriyle üretilmiş örnekler

Klasik ve Hellenistik Dönem'de cam üretimi, zenginler veya Kral ailelerinin himayesinde kurulan atölyelerde sürdürülmüştür (Lightfoot-Arslan 1992: 1-13). Hellenistik Dönem'de en önemli cam üretim merkezleri Akdeniz havzasındaki Sidon ve İskenderiye'dir. Anadolu'da yürütülmekte olan kazı buluntularına bir örnek teşkil etmesi açısından; Menekşe Çatağı Hellenistik Dönem tabakasına ait bir cam parçasının analizi sonucunda; %64,4 SiO_2, %20,5 Na_2O, %8,2 CaO, %2,5 Al_2O_3, %1,5 Cl, %0,9 K_2O, %0,6 Fe_2O_3, %0,6 MgO, %0,5 MnO, %0,2 SO_3, %0,1 TiO_2 oranları bulunmuştur. Ancak bu buluntu ithal bir malzeme olup yerel üretim değildir (Atik 2004: 128). Yine çağının önemli ticari malzemelerinden olan MÖ 3-1. yüzyıla ait iç kalıp tekniğiyle

şekillendirilmiş kozmetik kaplarının İstanbul Arkeoloji Müzeleri'nde bulunanlarının analizleri Tablo 8'de verilmiştir (Atik 2004: 118-119). Analiz sonuçlarına göre bu kozmetik kapları aynı teknikle bunlardan yaklaşık 300 yıl önce üretilen (Tablo 7) kaplarla benzer harmana sahiptir. Bu da Fenike camcılık geleneğini aynı topraklarda muhtemelen Aleksandria'nın devam ettirdiğini göstermektedir. Zaten her iki gruptaki (Tablo 7 ve 8) kaplar deniz ticareti ile yakından ilişkili liman kentlerinin mezarlıklarından ele geçmiştir. Cam üretiminde giderek önemini yitiren Mezopotamya camlarının bu döneme ait örnekleri için Nippur'da ele geçen cam kap parçalarının (MÖ 3. yüzyıl) analizi (Forbes 1957: 220) Tablo 9'da verilmiştir. Akdeniz havzası dışındaki örneklerden, İç Asya'da Pokrovka'dan iki mezar içinden ele geçen cam boncukların (Hall-Yablonsky 1997: 369-377; Hall-Yablonsky 1998: 1239-1245) (Tablo 10) üretim yerleri belirsizdir. İç Asya'daki bir yerel üretime işaret etmesi açısından, bu boncukların CaO ve Na_2O oranlarının diğer örneklere nazaran daha düşük olması önem taşımaktadır.

Tablo 8. Hellenistik Dönem'e ait kozmetik kaplarının analiz sonucu

Örnek	Rodos	İnceğiz Nekropolü	Myrina
SiO_2	69,40	66,46	70,22
Na_2O	14,74	15,97	16,19
K_2O	1,05	0,60	0,83
CaO	7,88	8,79	7,65
Al_2O_3	2,30	2,42	2,20
MgO	0,62	0,71	0,65
Cr_2O_3	0,09	0,10	-
Fe_2O_3	1,41	2,02	1,35
CoO	0,60	0,12	-
MnO	-	1,50	-
NiO	0,19	-	-
Cu_2O	0,53	-	-

Tablo 9. Nippur Hellenistik Dönem camlarının analiz sonucu

Renk	Parlak pembe	Pembe	Koyu yeşil	Parlak yeşil	Koyu mavi	Parlak mavi
SiO_2	71,14	69,82	63,1	61,18	64,41	65,38
Na_2O	10,81	13,51	9,35	12,9	12,75	13,55
K_2O	1,3	2,18	3,18	2,88	2,08	2,48
CaO	5,26	5,79	7,66	7,1	7,53	6,1
Al_2O_3	2,48	1,4	2,75	2,06	2,58	1,5
MgO	5,4	4,69	3,42	4,92	4,59	5,5
Fe_2O_3	0,72	1,8	1,76	2,15	1,44	1,54
MnO	1,04	0,41	5,92	4,37	2,75	0,99
CuO	0,55	0,36	1,02	0,52	1,2	1,48
SO_3	0,87	0,96	1,52	1,67	1	1,19

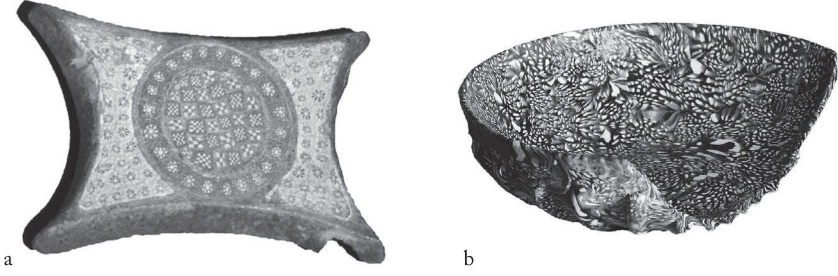
Tablo 10. Pokrovka Kurganı cam boncuklarının analiz sonucu

Örnek	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	MgO	Fe_2O_3
B6-01	69,91	16,88	0,66	7,65	2,55	0,24	1,17
B6-02	73,22	12,9	1,75	6,12	2,34	0,36	1
B5-01	70,64	16,23	0,53	7,26	2,21	0,27	1,26
B5-02	71,22	16,33	0,54	7,49	2,19	0,31	1,38
B5-03	67,89	17,62	0,53	7,34	2,25	0,17	1,27
B5-04	68,14	18,46	0,49	6,21	2,92	0,21	1,48
B5-05	70,74	16,33	0,58	7,59	2,23	0,25	1,06

MÖ 1. bin'e ait cam örneklerinin kimyasal analiz ortalamalarının sonucunda %69 cam yapıcı (SiO_2), %15,9 tadil edici (%14 Na_2O, %1,9 K_2O), %10,9 aracı (%7,3 CaO, %1,4 MgO, %2,2 Al_2O_3) oranı ortaya çıkmaktadır. Daha erken camlarla karşılaştırıldığında, MÖ 1. bin camlarında SiO_2 oranı yükselip, Na_2O oranının düşmüş olması, cam ergitme ısısının bu dönemde yükseltilebildiğini, dolayısıyla ergitme fırınlarındaki teknolojinin gelişimini kanıtlamaktadır.

1.3. MS 1. Bin Camları

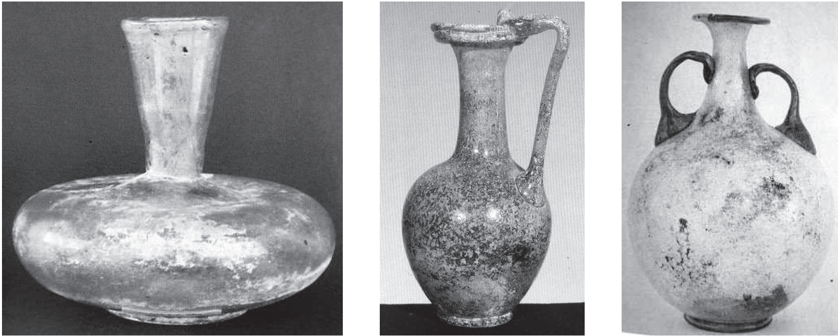
Suriye'de iç kalıp çizgi ve yiv bezemeli kâse üretimi MÖ 1. yüzyıla kadar devam etmiş; bu dönemde ise kâseler yumrulu ve kaburgalı olarak üretilmiştir. İskenderiyeli cam ustaları, mozaik tekniğinin her çeşidinde üretime devam etmiştir (Resim 9) (Forbes 1957: 110-231).



Resim 9. Mozaik tekniğinde bir kemer tokası ve bir kâse (MS 1-2. yüzyıl)

MÖ 1. yüzyılın ortalarında Suriye'de (tesadüfen) bulunan cam üfleme tekniği (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 31-34; Küçükerman 1997: 312-313; Kılıç 1995: ba.), bu dönemde camı daha ucuza mal ederek çok miktarda üretilmesini sağlamıştır.[14] MÖ 1. yüzyılda ticaretin barış ortamıyla birlikte artması ve doğu seferleri nedeniyle Roma, Filistin ve Mısır'la dolaylı olarak da cam üretim merkezleriyle yakınlaşır. Camın icadından sonraki ikinci büyük atılım olarak nitelendirilen cam üfleme tekniği, serbest ve kalıba üfleme olarak ikiye ayrılmaktadır. Serbest üfleme tekniğinde, döndürülerek üfleme çubuğu ucuna alınan cam eriyiği, işleme masasında yuvarlanarak ve ardından üflenerek şekillendirilir. Ağız, kaide, kulp gibi eklentiler ve süslemeler yardımcı aletlerin kullanımıyla yapıldıktan sonra cam soğumaya bırakılır (Resim 10).

Serbest üfleme tekniğinin bulunmasından sonra, büyük olasılıkla MS 1. yüzyılın ilk çeyreğinde (Özet 1987: 595) geliştirilen *kalıba üfleme*



Resim 10. Serbest üfleme kaplar

14 Roma Dönemi'ne ait camların kimyasının öncülleriyle karşılaştırmalı analiz sonuçları için bk.: Rehren 2000: 1225-1234.



Resim 11. Kalıba üfleme kaplar

tekniğinde cam, pişmiş toprak, taş ya da ahşap kalıpların içine üflenerek istenilen form elde edilmiştir (Resim 11).

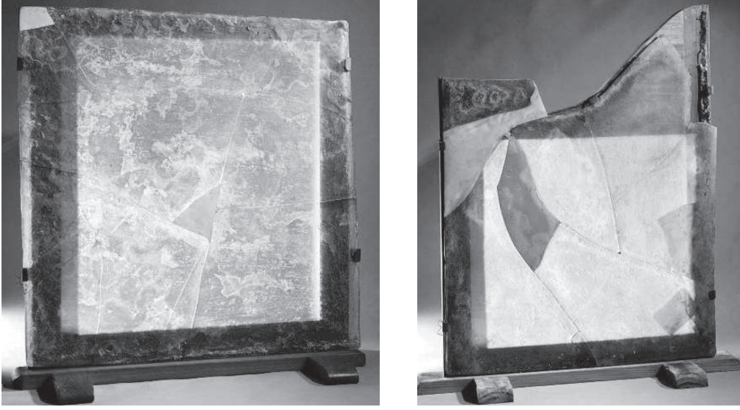
Üfleme çubuğunun ucundaki eriyik, iki ya da daha fazla parçalı kalıp içerisinde kalıbı kaplayıncaya kadar şişirilir. Süslemeli kalıpların kullanılması ayrıca bir süsleme yapılmasını gereksiz kılmıştır.[15] Bu teknikle aynı form, ölçü ve süslemeye sahip camların tek bir kalıpla seri üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Üfleme tekniği ile daha ince üretilebilinen camların tavlanması daha da önem kazandığı için fırınlarda da tavlama bölümü oluşmuştur. MS 1. yüzyıl cam ergitme fırınları hakkında bilgi edinilen bir kandilde (Lazar 2006: 227-234), karşılıklı iki cam ustası ve altta ateşliği olan iki katlı cam ergitme fırını görülmektedir (Resim 12).



Resim 12. Roma Dönemi'ne ait cam ergitme fırını betimli pişmiş toprak kandil

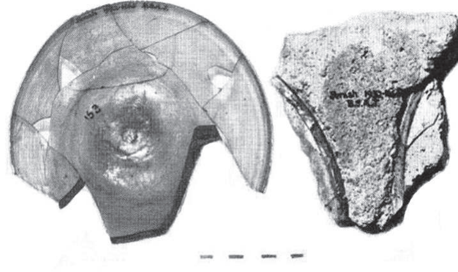
Üfleme tekniği ile önceleri küçük boyutlu üretilebilen düz cam, doğuda alçı, batıda kurşun kayıtların kullanılmasını zorunlu kılmış ve büyük açıklıklı pencereler ancak bu kayıtların cam parçalarını bir arada tutmasıyla kapatılabilmiştir. MS 1. yüzyılda Pompei'de ahşap çerçeveli pencere boşluklarında 51 x 45,5 cm ölçülerinde kalıba döküm levha camların kullanıldığı buluntularla kanıtlanmıştır[16] (Resim 13).

15 Kalıba üfleme tekniği ile üretilmiş bu tip kaplara örnek olarak bk.: Lightfoot 1985: 123-129.
16 Çevrimiçi: http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8182 ve 8184, Ocak 2010.



Resim 13. Pompei pencere camları

Üfleme tekniğinin pencere camı yapımında kullanılmasıyla göbekli cam[17] olarak adlandırılan yeni bir teknik ortaya çıkmıştır. MS 4. yüzyılda geliştiği düşünülen bu tekniğe ait en erken buluntular MS 6-7. yüzyıla ait Ürdün Jerash camlarıdır (Davison 2006: 128-129) (Resim 14). Bu teknikte üfleme çubuğuyla cam şişirildikten sonra noble çubuğuna alınır; üfleme çubuğun kesilmesiyle oluşan delik bir diğer alet yardımıyla ve noble çubuğunun döndürülme hızıyla açılarak bir disk haline getirilir.



Resim 14. Ürdün (Jerash) MS 6-7. yüzyıl göbekli cam ve kayıt

Arkeolojik kazılardan ele geçen MS 1. bine ait düz camların, ileri araştırma yöntemleri kullanılarak, üretim teknikleri ve aşamaları belirlenmeye çalışılmaktadır (Raffaelly-Champagnon vd. 2008: 780-786). MS 3. yüzyıla ait bir pencere camı %69,4 SiO_2, %16,8 Na_2O, %7,8 CaO, %2,5 Al_2O_3, %0,6 MgO, %0,6 K_2O, %0,5 Fe_2O_3, %0,7 MnO, %0,1P_20_5; günümüz pencere camlarının da %75 SiO_2, %15 Na_2O, %7,4 CaO, %2,6 Al_2O_3 oranlarından (Raffaelly-Champagnon vd. 2008: 781) oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda kimyasal yapılarının çok fazla değişmediği görülmektedir.

17 İngilizce'de *crown glass* olarak adlandırılan bu teknik hakkında ayrıntılı bilgi için bk.: Baykan-Orbeyi vd. 2007: 879-890.

Batıdaki vitray geleneğinin öncüleri olarak kabul edilen, renkli pencere camları dönemin cam sanatındaki gelişimini kanıtlamaktadır. Bu vitraylarda kullanılan sarı, yeşil, kırmızı, mavi renkli camlar batıda daha geç dönemde görülenler gibi iki yüzü boyanmış değil, tamamen renklendirilmiş camlardır. Pantakrator (Tablo 11) ve Kariye kiliselerinde çok sayıda boyalı cam ele geçmiştir (Brill 2005: 213-230). Mimaride cam, pencere açıklıklarını kapama dışında mozaik (Wypyski 2005: 183-192; Shugar 2000: 375-384) veya opus sectile (Oliver 2001: 349-363; Koob-Brill vd. 1996: 105-110; Verita-Arena vd. 2008: e16-e20) olarak süsleme amacıyla taban ve duvar kaplamalarında karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 11. Pantakrator kilisesinin pencere camlarının analiz sonucu

Örnek	1574 Şeffaf	1582 Soluk Amber	136 Soluk Mor	1579 Mor	1577 Koyu Mavi	1581 Renksiz	154 Amber	151 Turuncu	1580 Mor	156 Zümrüt Yeşil	149 Koyu Mavi
SiO_2	65,08	59,6	67,5	66,61	68,94	65,33	66,14	62,76	62,68	60,2	63,2
Na_2O	15,3	18,7	15,1	14,2	13,5	13,9	14,8	15,8	13,7	15,7	15,4
K_2O	2,97	3,37	2,19	2,22	2,05	2,93	2,64	2,66	2,69	3,75	3,24
CaO	9,22	10,6	8,95	8,65	9,25	11,2	9,92	10,1	11,3	10,9	10,9
Al_2O_3	1,54	1,47	1,23	1,22	1,27	2,08	1,78	2,42	2,42	2,26	2,23
MgO	3,9	4,01	2,92	2,97	2,98	3,56	3,77	4,03	3,36	3,97	3,85
Fe_2O_3	0,3	0,57	0,46	0,4	0,8	0,4	0,6	0,5	0,8	0,8	0,7
MnO	0,5	0,99	1,14	2,5	0,8	0,4	0,1	1,5	2,5	0,1	0,01
TiO_2	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1	0,1	0,13	0,1	0,15	0,13	0,1

Cam rağbet gören ticari malzeme haline gelince Roma İmparatoru Augustus, imparatorluk merkezine yakın cam atölyeleri kurdurmuştur. İmparatorluktaki zenginler, bir yandan ince zarif yapılı şeffaf kaplarla ilgilenirken diğer yandan da canlı ve çarpıcı renkli camlardan (Jackson 2005: 763-780) vazgeçmemişlerdir. Her atölye tüm renkleri üretmediği için bazı renkler ithal edilmeye devam edilmiştir. Günümüzde Antik Çağ'ın muhtemel hammadde kaynakları analizler yapılarak (Aerts-Velde vd. 2003: 659-667) belirlenmeye çalışılmaktadır. Ayrıca opak (Velde t.y.: 1-10) ya da şeffaf (Arletti-Dalconi vd.2006: 239-245) renkli camlara ait kimyasal analiz çalışmaları (Garcia-Heras-Rincon vd. 2005: 727-738; Paynter 2006: 1037-1057; Bingham-Jackson 2007: 1-8; Silvestri-Molin vd. 2008: 331-341) da artmaktadır (Tablo 12-13).

Tablo 12. Erken Roma Dönemi cam kabın analiz sonucu

Skyphos, Opak Beyaz, MS 1. yüzyıl

SiO_2	62,84
Na_2O	14,73
K_2O	0,55
CaO	7,52
Al_2O_3	2,28
MgO	0,61
Cl	0,3
SO_3	0,6
MnO	0,71
FeO	0,61
Sb_2O_3	9,1
PbO	0,24

Tablo 13. Pompei, Lipari ve Tusa cam örneklerinin analiz sonucu

Yeri Tarihi Renk	Pompei MS 1. yy. Opak Yeşil	Pompei MS 1. yy. Opak Yeşil	Lipari MS 3. yy. Şeffaf Yeşil	Lipari MS 3. yy. Şeffaf Mavi	Tusa MS 3. yy. Opak Mavi	Lipari MS 3. yy. Opak Kırmızı	Tusa MS 3. yy. Opak Kırmızı	Pompei MS 1. yy. Opak Kırmızı
SiO_2	69,09	61,52	60,67	64,22	67,21	61,17	63,04	64,6
Na_2O	18,47	16,45	16,19	16,33	15,56	14,66	16,49	16,21
K_2O	0,84	1,58	3,56	3,2	0,74	2,52	1,47	1,45
CaO	6,57	5,9	9,22	8,35	5,09	8,89	6,63	8,44
Al_2O_3	2,24	2,02	2,66	2,19	2,46	2,04	3,24	3,5
MgO	1,14	1,15	3,73	3,61	0,49	2,64	1,04	1,08
TiO_2	0,12	0,17	0,13	0,13	0,08	0,18	0,18	0,15
FeO	0,88	0,98	0,53	0,6	1,77	1,37	2,71	2,17
MnO	0,38	0,48	0,11	0,13	0,46	0,4	0,46	0,4
Sb_2O_5	1,85	2,67	0,07	0,08	4,99	0,3	0,66	0,28
PbO	0,28	3,11	0,04	0,25	0,12	2,12	1,81	0,52
CuO	0,85	3,99	4,25	0,07	0,81	2,63	2,1	1,8
CoO	-	0,01	0,01	0,04	0,48	0,01	-	-

Roma Dönemi'ne kadar en zenginlerin evlerinde bulunan metal özellikle de gümüş sofra takımlarının yerini cam takımlar almaya başlamıştır (Huisman-Pols vd. 2008: 398-411) (Tablo 14). MÖ 2. binden

beri devam eden cam kozmetik kap ve şişelerinde gelenek bozulmamış Roma Dönemi'nde de zengin bir form çeşitliliğiyle devam etmiştir. İngiltere'de ele geçen bir grup (Boon-Dekówna 1977: 193-207) (Tablo 15) gibi boncuk üretimi de sürmüştür. Şeffaf cam elde etmenin maliyeti yükseltmesi nedeniyle günlük hayatta kullanılan cam eşyalar şeffaf olsa da genellikle mavi, yeşil ya da kahverengi veya tonlarındaydı (Forbes 1957: 221-223) (Tablo 16).

Tablo 14. Bocholtz mezarlığı cam buluntularının analiz sonucu

Örnek	Kâse, Renksiz	Kâse, Açık Yeşil	Kâse, Açık Yeşilimsi Sarı	Kulplu Şişe, Renksiz	Kulplu Şişe, Renksiz	Sürahi Renksiz	Sürahi Renksiz	Sürahi Renksiz
SiO_2	69,6	69,96	66,12	69,14	68,98	69,15	68,18	70,4
Na_2O	18,66	18,79	19,61	18,76	19,24	18,96	19,43	17,13
K_2O	0,37	0,38	0,47	0,43	0,34	0,5	0,48	0,37
CaO	5,47	5,6	5,77	5,31	5,12	5,9	5,71	5,27
Al_2O_3	1,74	1,81	2,16	1,83	1,8	2,11	2,01	1,8
MgO	0,28	0,29	0,57	0,32	0,3	0,35	0,36	0,28
TiO_2	0,07	0,08	0,15	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08
Fe_2O_3	0,31	0,34	0,59	0,37	0,34	0,49	0,46	0,37
MnO	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,12	0,07	0,01
P_2O_5	0,04	0,05	0,06	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03

Tablo 15. İngiltere'den Roma Dönemi cam boncuklarının analiz sonucu

Örnek	Caerleon (MS 2-3. yy.)	Faras (MS 2. yy.)	Panticapaeum (MS 2-3. yy.)
SiO_2	69,91	68,07	69,83
Na_2O	16	16,1	14
K_2O	0,4	0,6	0,4
CaO	7,25	9,12	8,6
Al_2O_3	2,04	2,19	3,3
MgO	0,72	0,89	1,7
Fe_2O_3	0,9	0,85	0,82
MnO	0,03	0,04	0,05
Sb_2O_3	1,58	0,76	0,74
PbO	0,1	0,1	0,05
CuO	0,02	0,18	0,001
BaO	0,05	0,05	0,05
TiO_2	0,1	0,13	0,115
SnO_2	0,03	0,05	-
B_2O_3	0,3	0,3	0,15
ZnO	0,5	0,5	0,1
Ag_2O	0,05	0,05	0,05

Tablo 16. Ren civarından bulunan camların (MS 1-4. yüzyıl) analiz sonucu

Örnek	**Kâse**	**Dar Boyunlu Şişe**	**Şişe**	**Şişe**	**Şişe**
Renk	Camgöbeği saydam	Sarımtırak kahve, saydam	Yeşilimsi mavi, saydam	Yeşilimsi sarı, saydam	Yeşilimsi, saydam
SiO_2	69,22	69,58	68,69	70,97	70,23
Na_2O	11,99	19,39	17,73	17,35	17,24
K_2O	2,16	0,79	1,83	1,25	0,15
CaO	7,51	6,88	7,01	7,31	7,99
Al_2O_3	7,12	2,89	2,75	3,16	2,7
MgO	1,22	0,79	0,29	0,08	0,7
Fe_2O_3	0,49	0,43	0,61	0,5	0,39
MnO	0,46	-	0,12	-	0,38
CuO	-	-	0,91	-	-
Örnek	**Şişe Boynu**	**Kap Parçası**	**Şişe Boynu**	**Şişe Parçası**	**Büyük Kâse**
Renk	Mavimsi, saydam	Renksiz, saydam	Yeşilimsi sarı, saydam	Yeşilimsi sarı, saydam	Koyu mavi, saydam
SiO_2	68,94	68,92	68,1	66,35	69,04
Na_2O	18,8	20,67	18,61	21,47	13,87
K_2O	0,15	0,77	0,95	0,65	2,02
CaO	6,69	5,79	6,87	6,52	5,76
Al_2O_3	3,9	2,49	2,31	2,8	2,97
MgO	1,18	0,43	0,84	1,25	2,64
Fe_2O_3	0,66	0,31	0,63	0,45	0,94
MnO	-	-	1,52	1,03	0,62
CuO	-	-	-	-	1,96
SO_3	-	-	0,6	-	-

Camın ilk bulunuşundan itibaren önemli rol üstlenen Mısır, Roma Dönemi'nde de cam üretimine devam etmiştir. Mısır'da Roma (Ptolemaioslar) Dönemi'nde üretilen cam örneğine yapılan kimyasal analiz sonucunda, %63,1 SiO_2, %17,4 Na_2O, %7,3 CaO, % 3 Al_2O_3, % 1,8 MgO ve %2,7 K_2O oranlarından oluştuğu görülmektedir (Caley 1962: 69). Oranlardan, eski Mısır cam geleneğinin Roma Dönemi'nde de devam ettirildiği anlaşılmaktadır. Bu döneme ait İsrail'de bulunan bir grup cam (Aerts-Janssens vd. 1999: 883-891) (Tablo 17) ile Anadolu'da Sagalassos (Degryse-Schneider vd. 2005: 287-299) kazısından ele geçen cam parçalarının (Tablo 18) analizi aşağıda verilmiştir.

Tablo 17. İsrail'den Roma Dönemi cam örneklerinin analiz sonucu

Oksitler	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
SiO_2	69,46	71,69	70,92
Na_2O	16,48	17,2	16,28
K_2O	0,84	0,58	0,61
CaO	8,41	5,52	7,54
Al_2O_3	2,51	2,35	2,42
MgO	0,23	0,01	0,07
SO_3	0,16	0,17	0,2
Cl	0,82	1,16	1,06
TiO_2	0,05	0,04	0,02
MnO	0,43	0,84	0,09
Fe_2O_3	0,52	0,33	0,39

Tablo 18. Sagalassos örneklerinin analiz sonucu

Renk	Yeşil	Yeşil	Sarı-Yeşil
Tarih	MS 1-2. yy.	MS 5-7. yy.	MS 5-7. yy.
SiO_2	70,92	65,24	62,79
Na_2O	16,38	17,96	19,71
K_2O	0,54	0,58	0,46
CaO	6,83	6,96	6,22
Al_2O_3	1,97	2,59	2,69
MgO	0,5	0,99	1,23
MnO	0,51	1,78	2,36
Fe_2O_3	0,66	1,89	2,46

Roma Dönemi'ne ait cam örneklerini kimyasal olarak kendi içerisinde değerlendirdiğimizde ortalama %68 cam yapıcı (SiO_2), %18,3 tadil edici (%17 Na_2O, %1,3 K_2O) % 11,5 aracı (%7 CaO, %1,2 MgO, %3,2 Al_2O_3) oranlarından oluşan düşük potaslı soda camlarının yaygın olduğu görülür. Her zaman zenginlerin ve yöneticilerin himayesinde olan cam imalatı, Avrupa Ortaçağı'nda ergitme fırınlarına odun sağlamak için ormanlarda kurulan küçük cam atölyelerinde devam etmiştir. Bu dönemde Avrupa'nın aksine Yakın Doğu'da cam işçiliği gelişir. Yakın Doğu'nun MS 5. yüzyıla ait Sasani camları (Mitri-Pace vd. 2007: 1-22) (Tablo 19) ile Avrupa Ortaçağına denk gelen Samarra camlarının (Forbes 1957: 230) (Tablo 20) analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 19. MS 4-5. yüzyıl Sasani Dönemi camların analiz sonucu

Örnek	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	MgO	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	Cu
SE01	66,8	14,3	0,68	6,57	2,38	0,48	0,36	0,06	0,71	4,1
SE02	65,5	15	0,88	6,72	2,24	0,73	0,58	0,1	0,52	1,7
SE03	64,8	15,5	0,89	7,41	2,22	0,78	0,68	0,1	0,52	1,5
SE04	63,6	15,7	0,56	7,57	2,38	0,49	0,99	0,06	0,34	14
SE05	70,9	15,4	0,51	7,11	2,32	0,43	0,36	0,07	0,21	-

Tablo 20. Samarra (MS 8-9. yüzyıl) camlarının analiz sonucu

Örnek	Sarımtırak, saydam pencere camı	Koyu mavi saydam disk	Yeşil saydam pencere camı	Renksiz saydam tabak	Renksiz kap
SiO_2	68,48	66,93	65,86	67,22	67,44
Na_2O	14,95	15,26	12,84	13,28	13,94
K_2O	2,83	2,26	2,7	2,68	1,93
CaO	5,71	3,62	5,95	5,84	4,8
Al_2O_3	0,7	2,08	2,16	1,8	2,98
MgO	5,28	5,42	4,55	5,64	5,64
FeO	0,91	1,44	1,19	1,03	0,51
Mn_2O_3	-	0,34	1,09	1,07	0,73
CuO	-	1,76	2,66	-	-
PbO	0,95	-	-	0,82	1,01

Roma İmparatorluğu'nun yıkılmasıyla (MS 5. yüzyıl), imparatorluk merkezindeki cam ustaları farklı bölgelere dağılırken Anadolu'da Doğu Roma İmparatorluğu kurularak yeni bir devlet otoritesi oluşmuş ve yine zanaatkârlar devlet himayesine alınmıştı. Amorium, Sardeis, Sagalassos (Degryse-Schneider vd. 2006: 494-501) (Tablo 21), Anamur, Demre ve İznik gibi kazılarda; İstanbul'daki Pantakrator kilisesi (Brill 2005: 213-230) (Tablo 22) ile Ayasofya'da (Forbes 1957: 229) (Tablo 23) bulunan Bizans Dönemi'ne ait kandil (Canav Özgümüş 2012: 74), bilezik, sofra kapları ve mozaik taneleri gibi günlük kullanıma (Özgümüş 2000: 104) hitap eden cam eşyalar form, yapı ve renk bakımından benzeşmektedir (Özgümüş 1994: 39-43).

Tablo 21. Sagalassos camlarının analiz sonucu

Örnek	Renk	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	TiO_2	P_2O_5
582	Mavi	68,6	15,53	0,74	9	2,57	0,85	0,4	0,77	0,13	0,14
583	Mavi	68	15,31	0,75	9,41	2,71	0,95	0,39	0,83	0,15	0,16
590	Mavi	68,1	17,68	0,9	7,28	1,87	0,85	0,29	0,9	0,14	0,15
VL8A	Mavi	68,4	17,52	0,39	8,27	1,39	0,96	0,39	0,62	0,09	0,15
727	Yeşil	65,5	18,09	0,48	6,9	2,31	1,9	1,71	0,85	0,33	0,15
729	Yeşil	63,7	18,9	0,47	7,06	2,52	1,62	2,31	0,97	0,45	0,1
586	-	62,4	20,41	0,38	6,04	2,58	1,87	2,72	1,12	0,62	0,08
720	-	63,7	20,03	0,35	6,52	2,3	1,55	2,1	0,92	0,42	0,12
VL4	-	63,8	18,1	0,75	7,12	2,22	2,4	3,14	1,21	0,42	0,11

Tablo 22. Pantakrator kilisesinin cam kap parçalarının analiz sonucu

Örnek	542 Eflatun	543 Renksiz	2500 Renksiz	2503 Renksiz	246 Renksiz	2501 Renksiz	541 Eflatun
SiO_2	70,5	63,74	65,14	64,98	68,28	65,04	65,65
Na_2O	12,8	15,2	16	15,3	14,3	17,1	13,5
K_2O	2,72	2,89	2,65	2,59	1,79	1,48	1,97
CaO	7,97	9,85	10,3	10,3	9,06	10,6	7,65
Al_2O_3	1,22	3,35	0,86	0,91	1,54	1,02	2,65
MgO	3,02	3,45	3,61	3,09	2,73	2,36	1,56
Fe_2O_3	0,3	0,4	0,57	0,73	0,6	0,75	2,25
MnO	1	0,4	0,5	1,17	1	0,34	3,63

Tablo 23. İstanbul Ayasofya camlarının analiz sonucu

Örnek	Saydam mavi Mozaik taşı 6. yy.	Kırmızı Mozaik taşı 6. yy.	Saydam sarımsı Mozaik taşı 6. yy.	Obje	Ağırlık 13-15. yy.	Düz cam 13. yy.
SiO_2	67,12	70,71	65,32	60,1	57,89	56,25
Na_2O	17,59	11,55	18,96	28,7	16,03	-
K_2O	1,26	0,7	0,71		5,47	17,3
CaO	8,37	7,26	8,18	5,1	6,9	14,35
Al_2O_3	2,66	3,42	2,58	3,8	8,17	8,15
Fe_2O_3	1,39	3,26	1,13		0,63	3
MgO	0,97	1,05	1,44	1	4,92	-
MnO	0,37	0,55	0,79	1,1	-	-
CuO	-	1,26	-	-	-	-
PbO	0,27	0,24	0,39	-	-	-

MS 1. binde, önceden bilinen teknikler ile gelişen tekniklerin bir arada kullanımı özgün form ve bezemeler ortaya çıkartmıştır. *Zıt renkli tabaka tekniği* olarak Türkçeleştirebileceğimiz (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 28-29) *Kameo* (Whitehouse 1989: 16-23; Harden 1983: 45-54; Bimson-Freestone 1983: 55-64) tekniğinde koyu renkli (lacivert ya da siyah) genellikle üfleme tekniğinde yapılan bir formun yüzeyi opak beyaz camla kaplanır; beyaz tabaka soğuk işlenerek plastik görünüm verilir (Resim 15). MS 1. yüzyıldan itibaren görülmeye başlanan bu teknikteki kaplar (Painter-Whitehouse 1990: 138-188) 17. yüzyılda ve sonrasında özellikle Avrupa'da sıkça taklit edilmiştir.

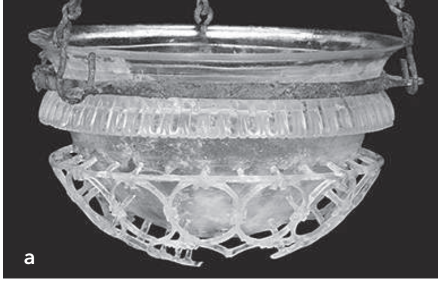


Resim 15. Zıt renkli tabaka tekniğinde kap örnekleri

MS 4. yüzyıldan itibaren görülen *dietretum* adı verilen ve *kafes tekniği* olarak Türkçeleştirebileceğimiz (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 29-30) bezemeli kapların yapımında karmaşık bir kalıp tekniği kullanılmıştır (Lierke 2001: 174-177).[18] Bir dış kalıp içerisine konulan cama kalıbın şekli verildikten sonra üzerine ikinci delikli bir kalıp yerleştirilir, tekrar cam konularak yeniden kalıbın formunu alması sağlanır. Delikli iç kalıbın içindeki ve dışındaki cam sadece deliklerin olduğu yerden tutunmuş olur. Soğutulan kap, deliklerin arası kesilerek ve delikli kalıp kalıntısı temizlenerek kaba plastik bir görünüm kazandırılır. Bu teknikteki kapların geometrik bezenenleriyle (Whitehouse 1997: 284; Whitehouse 1988: 28-33) (Resim 16.a), yazı bandı olanları (Cermanovic-Kuzmanovic 1979: 51-53; Doppelfeld 1960: 403-417) ve kameo tekniğindeki gibi plastik bezenmiş örnekleri (Koster-Whitehouse 1989: 25-31; Scott

18 Kafes tekniğindeki parçalardan yola çıkarak aynı teknikte yapılan bir rekonstrüksiyon denemesi için bk.: Welzel 1998: 127-139.

1995: 51-64) de mevcuttur. Günümüz kristal veya kesme camlarını andıran, renksiz şeffaf camların soğuk işlenmesi sonucunda *kesme kazıma bezemeli* (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 35-36) kapların (Oliver 1984: 35-58) (Resim 16.b) ortaya çıkışı da yine Roma Dönemi'dir (MS 3-4. yüzyıl).





Resim 16. Kafes tekniği ve kesme bezemeli örnekler

Varak sıkıştırma olarak adlandırabileceğimiz (Baykan, C.-Baykan, D. 2012: 30-31) teknikte (Handler 1979: 35-38; Snitkuvienë 2005: 30-38), MS 1. binin sonu ve MS 2. bin başlarında av ve savaş sahnelerinin betimlendiği veya portre ve ismin yer aldığı özel cam kaplar zenginlerin sofraları için tasarlanmıştır. Bu teknikte renkli cam üzerine yerleştirilen altın veya gümüş varak şeffaf cam tabakasıyla kaplanmaktaydı. Gümüş varaklı cam bir tabağın kimyasal analizi Tablo 24'de verilmiştir (Whitehouse-Pilosi vd. 2000: 85-96).

Tablo 24. 13. yüzyıl tabak parçasının analiz sonucu

SiO_2	67,7
Na_2O	18,4
K_2O	0,9
CaO	6,9
Al_2O_3	2,3
Fe_2O_3	1,9
TiO_2	0,1
MgO	0,8
SO_3	0,2
Cl	1
MnO	0,4
CuO	0,2
CoO	0,1
ZnO	0,2

Hindistan'ın Nalanda kentinde ele geçen MS 5. yüzyıla ait %62,6 SiO_2, %17,8 Na_2O, %7 CaO, %6 Al_2O_3, %5 K_2O, %3,8 MgO oranlarından oluşan cam parçalarıyla yine Hindistan (Caley 1962: 69, 87) Taxila'dan MS 6. yüzyıla ait cam örnekleri (Tablo 25) ve Eski Singapur Krallığı (Welter-Schüssler vd. 2007: 113-121) cam boncukları (Tablo 26) Akdeniz havzası dışında, Uzak Doğu ülkelerinde de cam üretimini kanıtlar niteliktedir. MS 5-9. yüzyıllara ait cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamasına bakıldığında %66 cam yapıcı (SiO_2), %16,8 tadil edici (%14,5 Na_2O, %2,3 K_2O), %12,4 aracı (%7,3 CaO, %2,2 MgO, %2,9 Al_2O_3) oranlarından oluşan soda camı bileşimi ortaya çıkmaktadır.

Tablo 25. Hindistan Taxila'daki MS 6. yüzyıl camlarının analiz sonucu

Örnek	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	MgO
1	70,57	17,76	2,65	7,05	2,88	3,74
2	68,34	16,74	2,65	6,27	2,46	2,68
3	68,11	14,99	2,35	4,91	2,22	2,32

Tablo 26. Eski Singapur Krallığı'na ait boncukların analiz sonucu

Örnek	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	62,36	68,78	64,32	50,09	50,78	50	69,01/59,9	70,29/51,09	74/70,98
Na_2O	3,67	1,97	1,33	7,39	12,03	13	16,12/17,12	15,3/11,41	7,33/11,12
K_2O	7,1	5,76	6,23	0,3	3,65	4,04	0,68/1,93	1,18/0,87	1,83/1,54
CaO	2,09	2,33	1,55	0,23	4,63	5,35	7,16/3,8	5,08/3,79	7,3/7,51
Al_2O_3	4,57	4,78	5,48	1,36	8,5	6,89	2,38/5,71	4,32/3	5,1/3,74
MgO	1,7	1,91	1,4	2,38	1,95	2,66	0,57/1,28	0,29/0,26	1,02/0,95
MnO	0,16	0,22	0,16	5,11	0,11	0,18	0,45/1,4	1,26/0,81	0,3/0,23
TiO_2	0,25	0,25	0,26	0,53	0,59	0,41	0,09/0,3	0,16/0,11	0,51/0,37
SnO_2	<0,05	-	-	9,84	0,64	0,43	<0,05/5,98	<0,05/27,57	<0,05/0,21
FeO	3,98	1,73	3,9	10,28	2,12	2,37	0,9/1,29	0,66/0,65	0,93/1,25
CuO	10,64	10,09	13,05	<0,05	8,22	8,26	0,2/0,86	<0,05	<0,05/
PbO	<0,05	-	-	9,6	3,37	2,46	0,27/0,4	<0,05	<0,05
P_2O_5	1,6	1,44	0,91	1,72	1,28	0	0,15/0,23	0,14/0,11	0,34/1,61
Cl	0,19	-	-	-	0,8	0,72	0,84/1	0,84/0,6	0,63/0,45
SO_3	-	0,06	0,1	-	-	-	0,38/0,22	0,21/0,16	-

MS 1. bine ait Antik Çağ cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamaları sonucunda %67 cam yapıcı (SiO_2), %18,3 tadil edici (%16,5 Na_2O, %1,8 K_2O), %12,4 aracı (%7 CaO, %1,8 MgO, %2,9 Al_2O_3) oranları ortaya çıkmaktadır. Bu döneme ait Antik Çağ camlarının analiz sonuçları daha erken dönem camlarla karşılaştırıldığında, şekillendirme teknikleri çeşitlenmiş olsa da bileşen oranlarının pek değişmediği görülmüştür.

MÖ 2. bine ait Mezopotamya ve Mısır üretimi camların kimyasal analizleri incelendiğinde, yaklaşık olarak %64 cam yapıcı (SiO_2), %23 tadil edici (%18 Na_2O, %5 K_2O) ve %13,1 aracı (%7,5 CaO, %3,8 MgO, %1,8 Al_2O_3) oksit ortalaması görülmektedir. Bu dönemde Mezopotamya ve Mısır'da üretilen camlar, soda camıdır.

MÖ 1. bine ait cam örneklerinin kimyasal analiz ortalamalarının sonucunda %69 cam yapıcı (SiO_2), %15,9 tadil edici (%14 Na_2O, %1,9 K_2O), %10,9 aracı (%7,3 CaO, %1,4 MgO, %2,2 Al_2O_3) oranı ortaya çıkmaktadır. Daha erken camlarla karşılaştırıldığında, MÖ 1. bin camlarında SiO_2 oranı yükselip, Na_2O oranının düşmüş olması, cam ergitme ısısının bu dönemde yükseltilebildiğini, dolayısıyla ergitme fırınlarındaki teknolojinin gelişimini kanıtlamaktadır.

Roma Dönemi'ne ait cam örneklerini kimyasal olarak kendi içerisinde değerlendirdiğimizde, %68 cam yapıcı (SiO_2), %18,3 tadil edici (%17 Na_2O, %1,3 K_2O) % 11,5 aracı (%7 CaO, %1,2 MgO, %3,2 Al_2O_3) oranlarından oluşan, soda camlarının yaygın olduğu görülmektedir. MS 5-9. yüzyıllara ait cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamasına bakıldığında %66 cam yapıcı (SiO_2), %16,8 tadil edici (%14,5 Na_2O, %2,3 K_2O), %12,4 aracı (%7,3 CaO, %2,2 MgO, %2,9 Al_2O_3) oranlarından oluşan, soda camı bileşimi ortaya çıkmaktadır. MS 1. bine ait cam örneklerinin kimyasal analizlerinin ortalamaları sonucunda %67 cam yapıcı (SiO_2), %17,5 tadil edici (%15,7 Na_2O, %1,8 K_2O), %11,8 aracı (%7,1 CaO, %1,7 MgO, %3 Al_2O_3) oranları görülmektedir.

MÖ 1. bin öncesinden MS 1. bine kadar gelişim gösteren camların kimyasal bileşen analizleri incelendiğinde hammaddelerinin değişmediği görülmüştür. Antik camların çok istisnai örnekler dışında soda kireç camları oldukları incelenen tüm örneklerin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. MÖ 1. bin öncesinde henüz yeni olan cam üretimi sırasında, düşük oranda cam yapıcı ve yüksek oranda tadil edici kullanılarak teknolojik gelişimini tamamlamamış cam ergitme fırınlarında ergime kolaylaştırılmaya çalışılmıştır. MÖ 1. bine gelindiğinde,

ortaya çıkan cam yapıcının oranının yükselmesi ve tadil edici oranının düşmesi cam ergitme fırınlarındaki teknolojik gelişimin bir sonucudur. MS 1. bin camları incelendiğinde MÖ 1. bin camlarına göre cam yapıcı oranının azaldığı ve tadil edici oranının arttığı göze çarpmaktadır. Teknolojik gelişime göre ters orantıdaki bu durumun MS 1. bin camlarının üfleme tekniğiyle üretilmesinden ve şekillendirme süresinin uzatılmak istenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu camlardaki düşük oranlı bileşenler, Antik Çağ üretim teknolojileri göz önünde bulundurulduğunda, diğer hammaddeler aracılığıyla tesadüfen harmana girmiş olmalıdır.

MÖ 4. binde sır olarak kullanılmakta olan cam, MÖ 3. binden itibaren Mezopotamya ve Mısır'da boncuk ve ardından da kap olarak karşımıza çıkmaktadır. Çivi yazılı kil tabletlerden öğrendiğimiz gibi dini bir seremoni eşliğinde hazırlanan camın, üretim safhaları bugünküyle aynıydı. İnsanın, yaşamsal standartların ve malzeme bilgisinin gelişimiyle cam ve cam üretimi de gelişme göstermiştir. Daha çok üretildikçe tanınan cam, renklendirilebildiği gibi şeffaflaştırılabilmiştir. Hammaddenin zamanla tanınmasıyla ergitme kolaylaşmış ve habbe oluşumu azalmıştır. Cam ergitme fırınlarının gelişimiyle de cam üretimi kontrollü (tavlama gibi) ve çeşitli bir hal almıştır.

Camın ilk şekillendirme yöntemi MÖ 3. bin sonlarında görülen, taşçı alet ve tekniğiyle sıcak döküm sonrasında soğuk şekillendirme tekniğidir. Bu teknikle boncuk, mühür, çubuk, gibi küçük nesneler ile MÖ 16. yüzyıl sonlarına tarihli ilk çok kalın cidarlı ve renkli cam kaplar yapılmıştır. MÖ 2. bin sonlarında da masif döküm tekniği, MÖ 2. ve 1. binde de ufak kozmetik kaplarının üretiminde iç kalıp tekniği görülmeye başlanmıştır. MÖ 1. binde kâse gibi açık ağızlı kapların bezemeli yapılabilmesi için kalıba basma ve kalıba çökertme teknikleri yaygınlaşmıştır. Kökeni Mezopotamya'ya uzanan mozaik tekniğiyle basit mozaik, bin çiçekli, renkli şerit ve desenli çubuklu mozaik teknikleri ortaya çıkmıştır.

MÖ 1. yüzyılın ortalarında bulunan ve camın icadından sonraki ikinci büyük atılım cam üfleme tekniğidir. Üfleme tekniğiyle cam formlar çeşitlenmiş, boyutlar farklılaşmış ve cam her alana girmeye başlamıştır. MS 4. yüzyılda geliştiği düşünülen ve MS 6-7. yüzyıla ait örneklerini bildiğimiz üfleme tekniğiyle üretilen göbekli cam ortaya çıkmıştır. Üfleme tekniğinin bulunmasından sonra, büyük olasılıkla MS 1. yüzyılın ilk çeyreğinde geliştirilen kalıba üfleme tekniğiyle cam daha seri üretilebilmiştir.

MS 1. yüzyıldan itibaren zıt renkli tabaka tekniği, MS 4. yüzyıldan itibaren kafes tekniği ve Roma Dönemi'nden (MS 3-4. yüzyıl) itibaren de kesme bezeme tekniği görülmektedir. Varak sıkıştırma tekniğinin de MS 1. binin sonundan itibaren kullanıldığı örneklerden anlaşılmaktadır.

Cam ergitme fırınlarının teknolojisinin ve üretim tekniklerinin çeşitlenerek geliştiği görülmektedir. Camın mekanik dayanımını azaltan ve optik görüntü hatalarına neden olan habbeler, cam ergitme fırınlarında ısının 1200 °C üzerine çıkarılamaması sonucunda Antik Çağ camlarında sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Antik camların tavlanma ve üretim teknikleri düşünüldüğünde; MS 1. bin öncesinde üretilmiş camların gerek kalınlıkları gerekse yetersiz tavlanmaları sonucunda, MS 1. binden sonra üfleme tekniğinde üretilen ve fırınların tavlama bölümünde soğutulan camlara nazaran daha gerilimli olduğu söylenebilir.

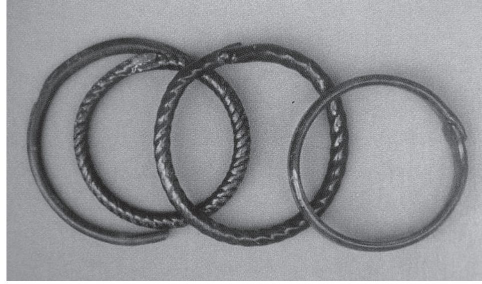
2

Toprak Altı Cam Buluntularda Rastlanan Bozulmalar

Farklı hammaddelerin bir araya getirilip karıştırılması ve yüksek ısıda ergitilmesiyle oluşturulan camın üretimi için malzeme bilgisi ve üretim teknolojisine ihtiyaç vardır. Cam üretiminde, hammaddenin oran ve özelliklerinin bilinmesi; harmanın iyi karıştırılması, yüksek ısıda ergitilerek şekillendirildikten sonra yavaş ve kontrollü soğutulması gerekmektedir. Antik Çağ cam hammaddelerinin, harmana bilinçli (oranlı) katılmaması ve harmanın çok iyi karıştırılmaması sonucunda, bir arada kalan bileşenlerin ergime sırasında oluşturduğu noktasal yoğunluklar (mikro bölgecikler), camın dayanımını zayıflatmıştır. Antik cam ergitme fırınlarında ısının 1200 °C üzerine çıkarılamaması sonucunda oluşan habbeler, camlarının mekanik dayanımını azaltmış ve optik görüntü hatalarına neden olmuştur. Antik camların tavlanma ve üretim teknikleri düşünüldüğünde; MS 1. bin öncesinde üretilmiş camların gerek kalınlıkları gerekse yetersiz tavlanmaları sonucunda, MS 1. binden sonra üfleme tekniğinde üretilen ve fırınların tavlama bölümünde soğutulan camlara nazaran daha gerilimli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Koruma ve onarım yöntemlerinin belirlenmesi sırasında, MS 1. bin camlarından kalın olan MÖ 2. ve 1. bin camlarının daha gerilimli oldukları göz önünde bulundurulmalıdır. Üfleme tekniğinde üretilen habbeli camlarının, diğerlerine nazaran daha ince olduğu ve habbe yoğunluğuna göre dayanımlarının azaldığı söylenebilir. MÖ 2. ve 1. bin camlarına göre daha ince ve habbeli olan MS 1. bin camlarına, dayanımsız olduklarından, onarım uygulamaları sırasında daha çok dikkat gösterilmelidir.

Arkeolojik kazı ortamından laboratuvara getirilen cam buluntunun fotoğraflanarak ve bilgi fişleri doldurulduktan sonra ilk olarak korunmuşluk durumunun ve bozulmalarının tespitinin yapılması gerekmektedir. Antik Çağ camları üretim aşamaları, buluntu yeri, bulunduğu ortam

ve sonrasındaki dış müdahalelerden kaynaklanan etkiler ile bozulmaktadır. Bozulmanın derecesi ve hızı; camın yapısı, ortamın ısısı, pH değeri, tuz oranı ve camın maruz kaldığı suyun miktarına göre değişmektedir. Kuru, nemsiz ortamlarda camın çok iyi korunduğu bilinmektedir. Bunu hava ve nem alışverişinin yalıtımla kesildiği mezar ortamlarının bazılarından ele geçen cam eserlerden anlıyoruz (Resim 17). Camın kendi yapısından ve ortamın etkisinden kaynaklanan kimyasal ve fiziksel bozulmalar ortaya çıkmaktadır. Bu bozulmalar kendini ya cam yüzeyinin bozulması ya da çatlama ve kırılma olarak göstermektedir.



Resim 17. İyi korunmuş cam bilezikler

Antik Çağ camlarının bozulmaları, gözlem, kimyasal analiz ve arkeometri[19] (Özer-Bakırer 2012: 34-46; Mass 1999: 15-41) haricinde, mikroskobik ve spektral[20] (Davison 2006: 235) analiz (AFM[21] (Hogg-McPhail vd. 1999: 49-53; Lester-Hilal vd. 2004: 1323-1329), TEM[22] (Fredrickx-Ryck vd. 2004: 326-333), SEM[23] (Davison 2006: 234; Martin 2003: 58-60; Pilosi-Wypyski 2001: 66-68; Hogg-McPhail vd. 1999: 44-45), PIXE[24] (Davison 2006: 236; Fleming-Swann 1999: 622-

19 Antik camlar üzerinde yapılmış olan tahribatsız X ışını araştırmaları için bk.: Tuğrul 2012: 108-113; Tuğrul-Başaran 1991: 29-40; Tuğrul-Atik 1990: 37-39; Tuğrul-Sungur 1986: 81-90.

20 Elektronları uyararak maddenin yüzeyi hakkında bilgi alma prensibini kullanan tekniklerin tümüne (AES, UPS, XPS) bu ad verilir. Lazer spektroskopisi için bk.: Carmona-Oujja vd. 2005: 1155-1162.

21 Atomsal kuvvet mikroskobu; yüzeylerde atomların dizilişini görüntüleyen tarama sistemi.

22 Geçirimli elektron mikroskobu; numunenin içinden geçirilen yüksek enerjili elektronların ayrıntılarının görüntülenmesi prensibine dayanır.

23 Taramalı elektron mikroskobu; çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibiyle çalışır.

24 Paricle/proton Induced X-ray Emission; bir malzeme ya da numunenin element birleşiminin tespiti için kullanılan bir teknik.

627), PIGE[25] (Davison 2006: 321; Gomez-Tubio-Ontalba Salamanca vd. 2006: 616-621; Weber-Martinot vd. 2004: 844.1-844.5), EPMA[26] (Davison 2006: 235; Fredrickx-Ryck vd. 2004: 326-333), XRF[27] (Davison 2006: 236; Fredrickx-Ryck vd. 2004: 326-333), XPS[28] (Hogg-McPhail vd. 1999: 46-47;), SIMS[29] (Hogg-McPhail vd. 1999: 47-49; McPhail 2006: 7107-7112; Rutten-Roe vd. 2006: 7124-7127), EDS[30] (Davison 2006: 234; Pilosi-Wypyski 2001: 66-68), WDS[31] (Davison 2006: 235; Pilosi-Wypyski 2001: 66-68), AAS[32] (Davison 2006: 237), ICP-AES[33] (Davison 2006: 235; Zachariadis-Dimitrakoudi vd. 2006: 1448-1456), EXAFS[34] (Biwer-Soderholm vd. 1996: 1-8; Greaves 1986: C8.819-C8.824), XSANES[35] (Quartieri-Arletti vd. 2004: 1-2) yöntemleriyle de belirlenebilmektedir (Mees-Cornelis 2009: 93-99; Derrick-Stulik vd. 1999; Tekin 2007). Bu yöntemlerin her biri veya birkaçının karşılaştırması (Baxter-Cool vd. 2006: 399-414) yüzey bozulmalarının nedenlerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

---

25 Proton Induced Gamma/ray Emission; numune analizi ve tahribatsız derinlik profili elde etmede, diğer iyon demeti yöntemlerini (özellikle PIXE) tamamlayan bir tekniktir. Nükleer analiz uygulamalarında da kullanılan PIGE metodu çoğunlukla protonların neden olduğu ve ani gama ışınlarının üretildiği nükleer reaksiyonlara dayanır.

26 Elektron prob mikro analizi; bu teknikte numuneye gönderilen elektron demeti sonucunda meydana gelen demet-numune etkileşimi ile açığa çıkan X-ray ışınlarının dalga boylarının sınıflandırılmasıyla element analizi yapılır. EDS tekniğine göre daha hassastır.

27 X ışını flüoresans spektroskopisi; tahribatsız, hızlı, doğruluk oranı yüksek ve uygulama alanı geniş bir yöntemdir.

28 Cam yüzeylerinden bilgi edinmek için kullanılabilecek X ışını fotoelektron spektroskopisi.

29 Yüksek vakum ortamında katıların birkaç mikrometre derinliğe kadar element ve isotopik analizlerinde kullanılır. Bu teknikte iyon kaynaklarından elde edilen oksijen (O) veya sezyum (Cs) iyonları, uygun voltaj altında hızlandırılarak analiz edilecek numune yüzeyine çarptırılırlar. Bu (birincil) iyon demetinin numune ile etkileşimi sonucu incelenen numune yüzeyinden sıçratılan (ikincil) iyonlar, manyetik alan altında kütlelerine göre ayrılırlar ve uygun detektörlerle sayılırlar.

30 Elektron dağılım spektroskopisi; her elementi karakteristik X-ışını spektrumlarına göre tanıyarak onların örnek içindeki oranlarının yüzde olarak belirlenmesidir.

31 Dalga boyu dağılım spektroskopisi; berilyum ve uranyum arasındaki tüm elementlerin nokta analizi, çizgi analizi ve X-ışını haritalaması gerçekleştirilir.

32 Atomik absorpsiyon spektroskopisi; yüksek sıcaklıkta gaz halinde bulunan element atomlarının elektromanyetik ışınları emmesi üzerine kurulmuştur. Emilen elektromanyetik ışınlar genellikle UV ve görünür alan ışınlarıdır.

33 Eşleşmiş plazma atomik emülsiyon spektroskopisi; camlarda bileşen analizleri için plazma kaynağı olarak genellikle argon gazı kullanılan bir yöntemdir.

34 Uzamış X-ray ışını soğurumlu ayrıntılı yapı spektroskopisi; X-ışını enerjisinin değişikliğine bağlı olarak soğurulmasında oluşan dalgalanmaları inceleyerek soğurmayı yapan atomun etrafındaki bağ yapısını incelemeye yarayan deneysel bir yöntemdir.

35 X-ışını soğurma yakın kenar spektroskopisi; yüksek hassasiyette bir elemet elektron spektroskipisidir.

2.1. Yüzey Bozulmaları

Su altı buluntusu camlar, farklı bir çalışma konusu olduğundan bu çalışmanın genelindeki gibi yüzey bozulmaları ve nedenlerinde de değerlendirme dışında tutulmuştur.[36] Toprak altı buluntusu Antik Çağ camlarında görülen yüzey bozulmaları, harmanının iyi karıştırılmaması ve içeriği, bulunduğu ortamdaki nem, ısı, pH değerlerinin ve toprak bileşenlerinin değişmesiyle ilişkilidir (Baykan 2014: b.a).

Cam harmanının karıştırılması sırasında bir arada kalan bileşenlerin ergime sırasında camda oluşturduğu *mikroinhomojenite* adı verilen, noktasal yoğunluklar (mikro bölgecikler) bazı bozulmalara neden olmaktadır. Silis kumunun beyaz görünümlü noktasal yoğunluğu gerilimli alanlarla kırılma ve çatlamalara; sodanın noktasal yoğunluğu nemin de etkisiyle yüzeyde lekelere sebep olmaktadır.

Harmanın ergime ısısı ana yapıcı (SiO_2) ve aracıların (CaO, MgO, Al_2O_3) azaltılması ve tadil edicilerin (Na_2O, K_2O) arttırılmasıyla düşürülmekteydi. Tadil edici oranı yüksek camlar ortamın ısı, pH ve nem değişimiyle kimyasal çözünmeye daha hızlı uğramaktadır. CaO oranı %10'dan yüksek camlarda kimyasal çözünme daha az görülmektedir. Camdaki renk oksitler (Kocabaş 1998: 107), fosfat ve (nadiren görülen) florürler (Koob 2006: 14) de kimyasal çözünmenin hızlanmasına neden olmaktadır (Dal Bianco-Bertoncello vd. 2004: 393-396). Camlarının yüzey bozulmaları ve nedenlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için kimyasal çözünme aşamaları aşağıda incelenmiştir.

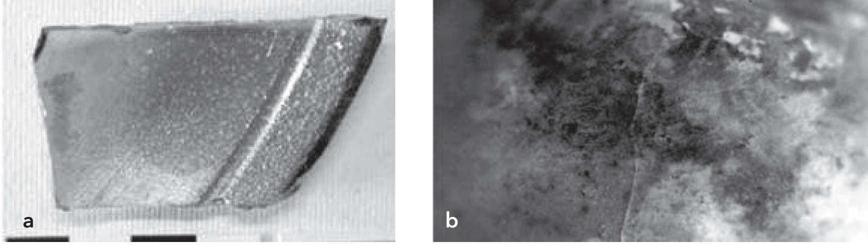
Camdaki tadil edicilerin (Na_2O/K_2O) iyonları karşılaştıkları su veya nemdeki hidrojen iyonlarıyla yer değiştirerek hidroksit (sodyum hidroksit NaOH/potasyum hidroksit KOH) oluşumunu yani difüzyon yoluyla hidratasyon sürecini başlatmaktadır. Bu şekilde bozulmaya başlayan yüzey, koruyucu bir kalkan oluşturur. Bu sürecin başında, camın içinde bulunduğu topraktaki metallerin cam yüzeyin difüze olması sonucunda[37] yüzeyde sedefli (yanardöner) bir görünüm38 (Başaran 2000: 74-79) (Resim 18.a), toprakta metal olmaması durumunda ise oluşan NaOH

---

36 Su altı buluntusu Antik camlar için bk.; Davison 2006: 186-190; Kocabaş 1998: 106-108; Silvestri-Molin vd. 2005: 1338-1349; Bianco-Bertoncello vd. 2004: 91-100; Barbana-Bertoncello vd. 2004: 136-141; Pannell 1990: 47-50.

37 Yard. Doç. Dr. İlhan Hasdemir ile 16 Nisan 2010 tarihinde yapılan özel görüşme.

38 Bu tabaka Fransızca yanardöner, sedefli görünüm anlamına gelen "irizasyon" adıyla tanımlanmaktadır.

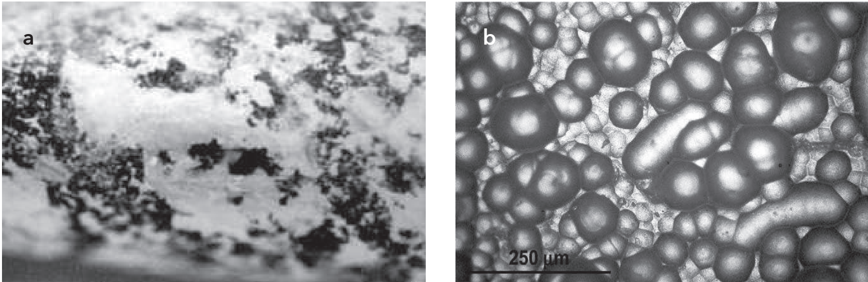


Resim 18. a) Cam yüzeyinde sedefli görünüm; b) Cam yüzeyinde matlaşma

ve KOH'dan dolayı da matlaşma (Kunicki-Goldfinger 2003: 301-304) (Resim 18.b) görülebilir.

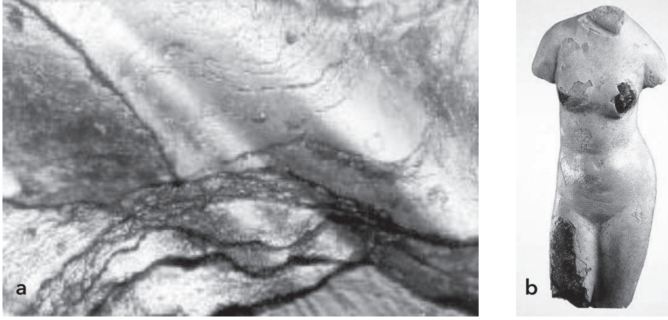
Hidroksitler (NaOH/KOH) atmosferdeki karbondioksit iyonları ile reaksiyona girerek karbonatları (sodyum karbonat Na_2CO_3/potasyum karbonat K_2CO_3) oluşturur. Cam yüzeyindeki karbonat oluşumu, ortamın nemini bünyesine daha hızlı çeker. Karbonat oluşumunun camın yüzey bozulmasına olan etkisi ve ortaya çıkan sonuç, camın bileşenlerine göre değişmektedir. CaO oranı yüksek Na_2O oranı düşük camlarda, yüzeydeki karbonat oluşumu nem emerek başlangıçta açık (beyaz), daha sonra koyu (kahverengi/siyah) renkli lekeler görülmektedir; bu bozulmaya *süt beyazı* veya *mine aşınma* da denilmektedir (Davison 2006: 184; Başaran 2000: 74-75, 79) (Resim 19.a). CaO oranı düşük Na_2O oranı yüksek camlarda ise, karbonat hacimlerinin artmasıyla (Resim 19.b) oluşan iç baskıyla ($V_1Na_2O < V_2Na_2CO_3$), yüzey yapraklanmaktadır.

Atmosfer etkileri, ani nem ve ısı değişimi, yüksek bağıl nem ve yüksek sıcaklık gibi olumsuz koşulların cam yüzeyinde yoğun bir matlaşmaya[39] sebep olduğu da bilinmektedir (Koob 2006: 117-130; Brill 1975: 121-134).



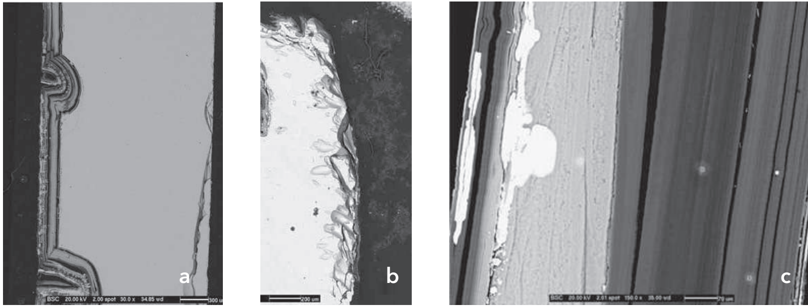
Resim 19. a) Cam yüzeyinde açıklı koyulu lekeler; b) İç baskıya neden olan karbonatlar (Optik mikroskop görüntüsü)

39 Toprak altı buluntusu olmayan, yüzeyi korunmuş, pürüzsüz ve şeffaf camlardaki bu tür matlaşma, bozulma tanımlamasında İngilizce'de crizzling diye adlandırılmaktadır.



Resim 20. a) Mikroskobik kalınlıktaki birkaç katlı yapraklanma (metalografik mikroskop görüntüsü); b) Cam yüzeyinde kabuk şeklinde yapraklanma

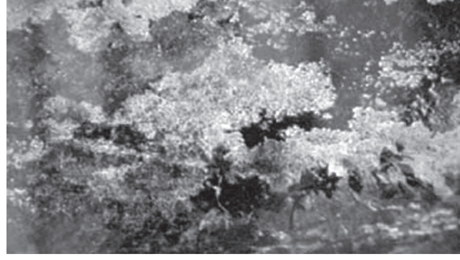
Farklı kalınlıklarda (mikroskobik kalınlıktan birkaç milimetreye kadar değişen) sedefli (yanardöner) görünümlü kırılgan yapraklanma, bir ya da birkaç katlı (Hasdemir-Striepe vd. 2013: 126-132) olabilir (Koob 2006: 13) (Resim 20). Birbirine paralel oluşan yapraklanmanın görüldüğü cam yüzeylerinin elektron mikroskobunda alınan görüntüleri oluşumun yapısı ve kalınlığı hakkında bilgi vermektedir (Resim 21). Yapraklanan yüzeyin kısmen (pul pul) veya bir bütün halinde dökülmesi sonucunda yüzey kaybına (aşınmaya) uğrayan (Resim 22) cam matlaşır (Resim 23).



Resim 21. Yüzey yapraklanmalarının elektron mikroskobu görüntüleri



Resim 22. Yüzey yapraklanmasının yer yer dökülmesi

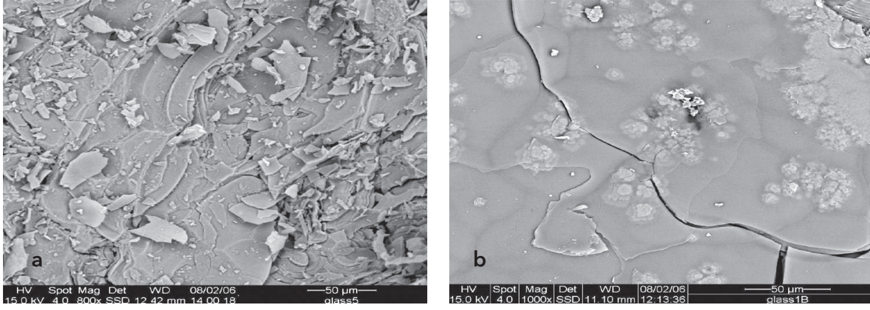


Resim 23. Yüzey kaybı sonucunda görülen matlaşma

MS 1. bine ait 4 adet Mısır cam örneğinin, yüzeyine yapılan analizlerinde (Abd-Alla 2006: 39-49) (Tablo 27), %10 oranından az CaO (%6,7-7,79 arasında) ve yüksek oranda Na_2O (%12,7-14,72 arasında) görülmektedir. Sedefli (yanardöner) görünümlü korozyonlu yüzeyde Na_2O oranının (%3,92-6,12 arasına) düşmesi camların yüzeyinin kimyasal çözünmeye uğradığını kanıtlamaktadır. Kimyasal çözünmeyle örnek 1'de sedefli (yanardöner) görünümlü bozulmaya uğramış yüzeyin pul pul döküldüğü ve örnek 2'de bozulmaya uğramış yüzeydeki mikro çatlakların, yüksek CaO oranına bağlı azlığı elektron mikroskobuyla alınmış fotoğraflarda (Resim 24) açıkça görülmektedir.

Tablo 27. MS 1. bin Mısır cam örneklerinin yüzey ve bozulma tabakası analizleri

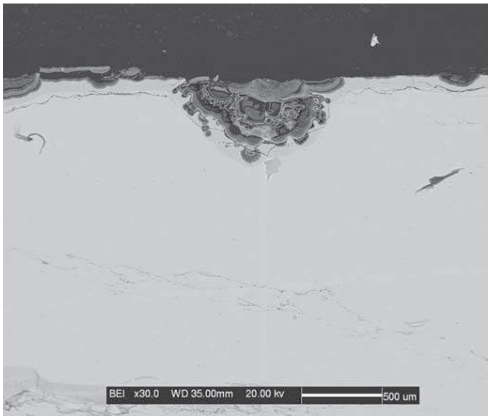
Örnek	1		2		3		4	
	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası
SiO_2	71,76	77,43	73,55	78,02	75,92	79,62	75,94	81,07
Na_2O	14,72	5,13	13,41	6,12	12,07	5,18	12,31	3,92
K_2O	0,86	0,31	0,76	0,11	0,61	0,28	0,77	0,31
CaO	6,87	7,19	7,79	8,32	6,73	7,36	6,8	7,42
Al_2O_3	2,83	4,02	2,65	2,2	2,55	4,06	2,13	4,09
MgO	1,33	2,46	1,43	2,06	1,05	1,74	1,1	1,45
Fe_2O_3	0,76	2,53	0,52	1,38	0,5	1,12	0,47	1,02
MnO	0,81	0,85	0,6	0,79	0,57	0,64	0,52	0,72



Resim 24. a) Sedefli görünümlü yüzeyin pul pul dökülmesi (elektron mikroskobu görüntüsü); b) Bozulmaya uğramış yüzeydeki mikro çatlakların yüksek CaO oranına bağlı azlığı (elektron mikroskobu görüntüsü)

Hollanda'da (Bocholtz) bulunan MS 1. bin cam kapların yüzey ve bozulma tabakalarına yapılan analiz sonuçları Tablo 28'de verilmektedir. Sonuçta, cam bileşenlerinden CaO oranın %6'dan düşük olmasına karşın Na_2O oranının yüksek tutulması, bu camların üfleme tekniğinde şekillendirilmiş olmasına dayandırılabilir. Cam yüzeylerinde, %17'den çok olan Na_2O oranının, bozulma tabakasında %0,24 ile %4,8 arasına gerilemesi kuvvetli bir kimyasal çözünmeye işaret eder. Ayrıca, Antik Çağ'da tavlama eksikliğinden kaynaklı üretim sonucunda ortaya çıkan gerilimli camların, kimyasal bozulma hızının gerilimsiz camlara göre daha fazla olduğu bilinmektedir.

Harmanın yetersiz karıştırılması sonucunda tadil edicilerin oluşturduğu mikro bölgecikler (noktasal yoğunluk), kimyasal çözünme ve dökülme sırasında camların yüzeyinde çukurlar oluşturabilmektedir. Çukur şeklindeki bozulma cam harmanının karıştırılmasıyla ilişkili



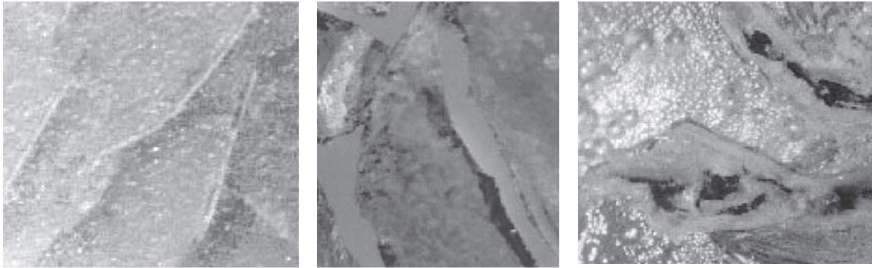
Resim 25. Çukur oluşumunun elektron mikroskobunda alınan kesit görüntüsü

olarak ya cam yüzeyinin tamamında ya da bir bölümünde oluşmaktadır (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 36-37). Camlarda bölgesel çukur oluşumu şeklindeki yüzey bozulması elektron mikroskobuyla elde edilen kesit görüntüsünde açıkça görülebilmektedir (Resim 25). Noktasal çukurlar şeklinde olabilen (Caner Saltık 2012: 59, Şekil 3-6) bu yüzeysel bozulma mikroinhomojenite bölgeleri daha büyük olduğunda bozulma *yarık oluşumu* şeklinde de görülmektedir.

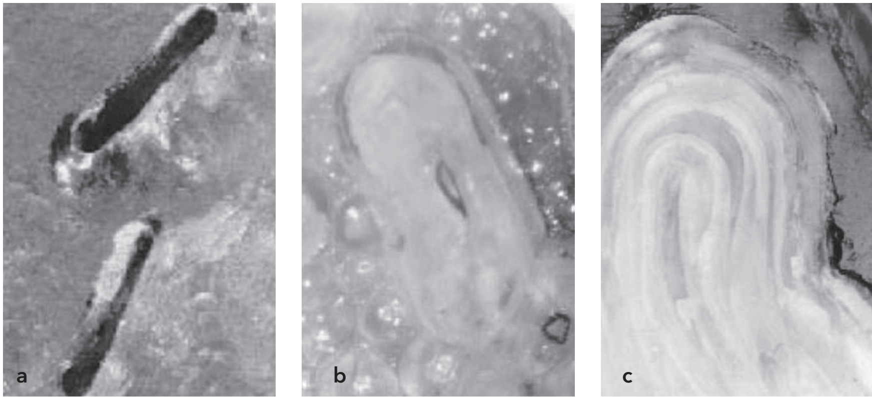
Tablo 28. MS 1. bin cam kaplarının yüzey ve bozulma tabakası analizleri

	Örnek 1 Kâse, Renksiz		Örnek 2 Kâse, Açık Yeşil		Örnek 3 Kâse, Yeşilimsi Sarı		Örnek 4 Kulplu Şişe, Renksiz	
	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası
SiO_2	69,6	86,58	69,96	84,06	66,12	86,5	69,14	88,75
Na_2O	18,66	2,12	18,79	4,8	19,61	0,9	18,76	1,03
K_2O	0,37	0,34	0,38	0,39	0,47	0,26	0,43	0,23
CaO	5,47	6,46	5,6	6,61	5,77	6,57	5,31	6,18
Al_2O_3	1,74	1,74	1,81	1,81	2,16	2,45	1,83	1,48
MgO	0,28	0,35	0,29	0,32	0,57	0,66	0,32	0,32
TiO_2	0,07	-	0,08	-	0,15	-	0,08	-
Fe_2O_3	0,31	0,57	0,34	0,41	0,59	0,8	0,37	0,38
MnO	0,02	0,3	0,02	-	0,02	0,09	0,01	-
P_2O_5	0,04	-	0,05	-	0,06	-	0,04	-
Cl	-	1,65	-	1,56	-	1,79	-	1,72
	Örnek 5 Kulplu Şişe, Renksiz		**Örnek 6 Sürahi Renksiz**		**Örnek 7 Sürahi Renksiz**		**Örnek 8 Sürahi Renksiz**	
	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası	Yüzey	Bozulma tabakası
SiO_2	68,98	87,94	69,15	87,16	68,18	88,08	70,4	88,37
Na_2O	19,24	1,92	18,96	0,46	19,43	0,24	17,13	1,16
K_2O	0,34	0,17	0,5	0,24	0,48	0,2	0,37	0,14
CaO	5,12	5,67	5,9	7,23	5,71	6,76	5,27	6,33
Al_2O_3	1,8	1,7	2,11	2,34	2,01	1,95	1,8	1,41
MgO	0,3	0,38	0,35	0,43	0,36	0,43	0,28	0,19
TiO_2	0,07	-	0,09	-	0,09	-	0,08	-
Fe_2O_3	0,34	0,34	0,49	0,58	0,46	0,57	0,37	0,4
MnO	0,01	0,2	0,12	0,21	0,07	0,09	0,01	0,19
P_2O_5	0,03	-	0,05	-	0,04	-	0,03	-
Cl	-	1,76	-	1,52	-	1,71	-	1,86

Antik camların yüzeyindeki yarık oluşumu (Lampropoulos, Leakou vd. 2004: 38-45) ilk kez 1960'da Tarrha (Buechner 1960: 109-117) cam buluntularında tespit edilerek, bu bozulmanın mikro organizma kaynaklı olup olmadığı tartışmaya açılmıştır. Geniş çukurların gelişmişi veya birleşmişi şeklinde yorumlanan bu bozulma tipi görünüş ve element kaybı açılarından çukur oluşumuyla benzer, ancak yarıkların içinde neredeyse tamamen yok olan Na_2O bu oluşumda kaybın daha fazla olduğunu göstermektedir. Camların yüzeyinde oluşan yarıklar birbirinden bağımsız çizgiler halinde olabileceği gibi birbirine bağlı kanallar görünümde de olabilmektedir. Nem, tuz ve camda kullanılan tadil edicilerin miktarı diğer yüzey bozulmaları gibi bu tip yarık oluşumunda da ana etkenlerdir. Çukur ve yarık oluşumu şeklindeki yüzey bozulmalarının yoğun olarak görüldüğü Rodos'ta ele geçen camlar (Resim 26) aynı cam parçasında her iki bozulmayı göstermesi açısından önemlidir (Lampropoulos, Leakou vd. 2004: 38). Yarık oluşumu yüzey bozulmasının neden ve sonuçlarının anlaşılabilmesi için Rodos cam örnekleri üzerinde yapılan



Resim 26. Cam yüzeyde yarık oluşumu şeklindeki bozulma detayları



Resim 27. Yarık oluşumu (elektron mikroskobu görüntüsü)

mikroskobik görüntüleme çalışmalarında, oluşumun yüzeyin tamamını kaplamadığı ve belli bir düzen sergilemediği (bazen birbirinden bağımsız çizgiler bazen de kanallar halinde) görülmüştür (Resim 26). Resim 27.a'da yer yer oluşan düzensiz yarıklar, Resim 27.b'de kimyasal çözünmeye uğramış bir yarık; Resim 27.c'de bir yarığın yatay kesiti görülmektedir. Yapılan analizler (Tablo 29) ve analiz sonuçlarının grafiği (Tablo 30), çukur ve yarık oluşumundaki Na_2O oranları iki bozulma arasındaki (çukur ve yarık) kayıp farkını ve bu kaybın ne kadar çok olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo 29. Rodos cam örneklerinin analiz sonuçları

Oksit	Örnek 1		Örnek 2		Örnek 3		Örnek 4		
	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Çukur içi
SiO_2	73,18	75,63	72,61	80,63	72,67	80,68	72,62	77,69	78,01
Na_2O	15,82	1,18	16,32	1,23	14,22	0,81	16,23	0,79	1,96
K_2O	1,45	1,32	0,99	0,25	0,69	0,31	1,34	1,47	1,78
CaO	6,41	8,91	7,12	5,33	9,4	3,85	6,18	5,81	5,38
Al_2O_3	2,16	12,16	2,17	11,71	2,05	12,44	2,05	12,82	11,85
MgO	0,58	0,67	0,36	0,43	0,57	0,84	0,64	0,42	0,41
FeO	0,39	0,11	0,41	0,41	0,39	0,31	0,94	1,01	0,61

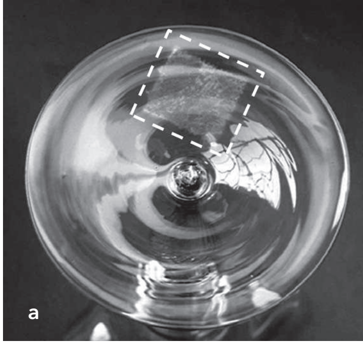
Oksit	Örnek 5		Örnek 6		Örnek 7		
	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Yüzey	Yarık içi	Çukur içi
SiO_2	75,08	79,26	72,37	77,58	72,85	79,81	79,5
Na_2O	15,36	0,43	16,51	0,98	14,93	0,44	1,79
K_2O	1,03	0,63	1,16	0,76	1,35	0,7	1,25
CaO	5,78	6,2	7,48	7,83	8,24	4,13	3,96
Al_2O_3	1,82	12,49	1,84	12,13	2,16	12,66	12,42
MgO	0,58	0,69	0,25	0,44	0,41	0,51	0,46
FeO	0,35	0,3	0,39	0,28	0,67	1,75	0,62

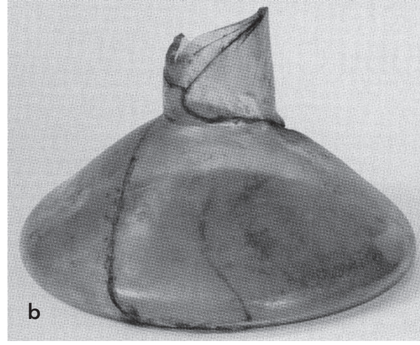
Toprağın üst kesimlerinde bulunan camların yüzeyleri, suyla taşınan çözünebilir kalsiyum karbonat ($CaCO_3$), magnezyum karbonat ($MgCO_3$) ve sodyum karbonat (Na_2CO_3) gibi karbonatlı tuzlar; kalsiyum sülfat ($CaSO_4$), magnezyum sülfat ($MgSO_4$) ve sodyum sülfat (Na_2SO_4) gibi sülfatlı tuzlar; magnezyum klorür (MgCl), sodyum klorür (NaCl) ve potasyum klorür (KCl) gibi klorürlü tuzların etkisiyle kabuklaşma şeklinde tabakayla kaplanabilir (Abd-Alla 2006: 39-49; Davison 2006: 171-172) (Resim 28). Tablo 28'de bozulmuş yüzeylere yapılan analizde ortaya çıktığı görülen Cl, Hollanda'da (Bocholtz) bulunan MS 1. bin cam kaplarının toprak altındaki ortamlarında suyla taşınabilen çözünür tuzlara maruz kalarak kabuklaşma şeklinde tabakayla kaplandığını kanıtlamaktadır. Toprak altında metal eserlerle yan yana (birbirine değen) bulunan cam eserlerin yüzeylerinde yoğun renk değişimi ve lekelenmeler meydana gelebilmektedir (Davison 2006: 172). Bakterilerin de camlarda yüzey bozulmasına neden olduğu görüşüne (Davison 2006: 193; Başaran 2000: 79; Küçükkaya 2004: 86) karşın bu tip sülfat bozulmaları ancak yüksek kurşunlu camlarda görülebilir (Koob 2006: 14-15).



Resim 28. Çözünebilir tuzların cam yüzeyinde oluşturduğu tabakalanma

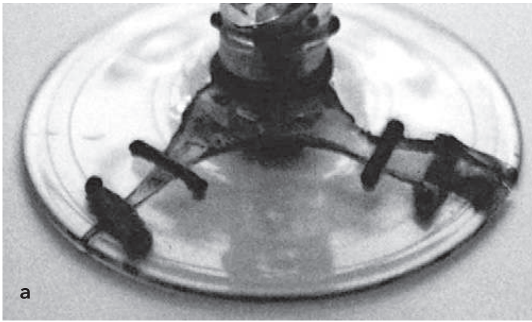
Antik camların bulundukları ortamdan çıkartılarak doğru koruma ve onarım aşamalarından geçirilmemesi, yüzey bozulmalarını arttırır. Koruma ve onarım sürecinde, yüksek oranda kimyasal kullanımı matlaşma ve yüzey kaybına; birleştirmede ve etiketlemede kullanılan yapışkanlı bantların nemle çözünmesi bölgesel ayrışmaya (Koob 2006: 45) (Resim 29.a); dayanımsız (Resim 29.b) ve geri dönüşümsüz yapıştırıcılar (ör.: termoset reçineler) sararmaya; onarımda bilinçsizce kullanılan metal kenet ve perçinlerin korozyonu lekelere (Davison 2006: 173) (Resim 30.a) neden olur.





Resim 29. a) Cam yüzeyde sabit kalan etiket izi; b) Dayanımsız bir yapıştırıcının oluşturduğu kötü görünüm

Depolama ve sergileme sürecindeyse, uygun olmayan nem ve ısı ortamı, ısı ve UV (morötesi) ışın veren aydınlatma (Koob 2006: 137), kimyasal madde içeren malzemelerle paketleme (Resim 30.b) ve tüm bunların kontrol edilmemesi camların yüzeyinde matlaşma ve renk değişimine yol açar.





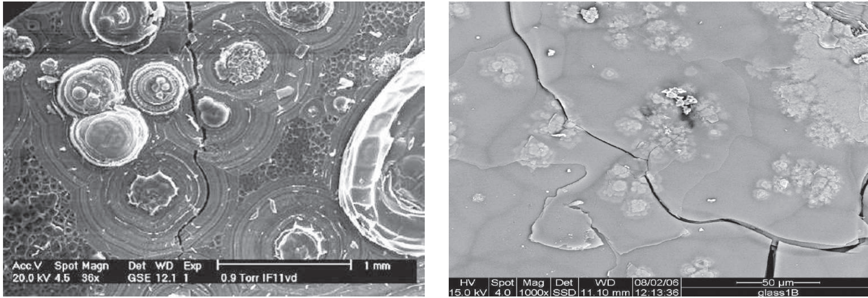
Resim 30. a) Onarımda kullanılan metal kenetlerin korozyon sonucu lekeler oluşturması; b) Kimyasal madde içeren gazete kâğıdıyla yapılan paketlemenin yüzeyi matlaştırması

2.2. Çatlama ve Kırılmalar

Antik camların, soda oranının yüksek olması yapısal dayanımın zayıflığına, üretimde kontrollü soğutulamaması gerilimli olmasına, cam ergitme fırının ısısının yetersiz olması yoğun habbeli olmasına neden olmaktadır (Resim 31.a). Bahsedilen bu nedenlerden ve bulundukları ortamdaki ani değişimlerden dolayı da camlar genellikle elimize çok parçalı geçmektedir (Resim 31.b). Kimyasal çözünme konusunda da değinildiği gibi karbonatların oluşumu ve hacimlerinin artması, camın yapraklanan yüzeyinin dökülmesine neden olmaktadır. Oluşan iç baskı (Başaran 2000: 74-75) yüzey kaybının yanı sıra kılcal çatlaklara ve kırılmalara da neden olabilmektedir (Resim 32).



Resim 31. a) Cam eserde görülen habbeler; b) Parçalı ele geçen antik camlar



Resim 32. Elektron mikroskobunda görülebilen kılcal çatlaklar

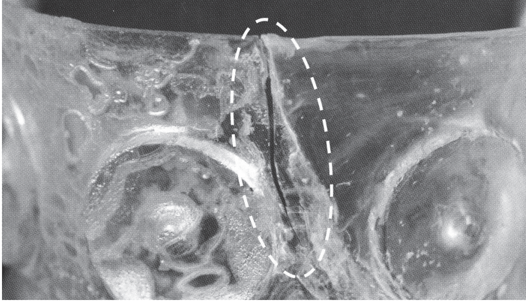
Şekillendirme sonrası tavlama aşamasında camların uzun sürede ve yavaş soğutulamaması gerilimli bölgeleri oluşturur. Camın, havayla doğrudan temas eden iç ve dış yüzeyleri hızlı, cidar kalınlığının içinde kalan kısmıysa yavaş soğuyarak katılaştığından, kalın camların gerilimsiz üretilmesi daha zordur. Camların tavlanma ve üretim teknikleri düşünüldüğünde; MS 1. bin öncesinde üretilmiş camların gerek kalınlıkları gerekse yetersiz tavlanmaları sonucunda, MS 1. binden sonra üfleme tekniğinde üretilen ve fırınların tavlama bölümünde soğutulan camlara nazaran daha gerilimli olduğu söylenebilir. Antik Çağ'da bahsedilen nedenlerden dolayı gerilimli üretilen bu camların ani ısı değişimi veya darbeyle çatlayıp parçalanması olasıdır.

Toprak altındaki nemli ve tuzlu ortamından, aniden sıcak ve güneşli ortama çıkarılan camın kılcal çatlaklarında kristalleşen tuzun veya soğuk havada buzlanmanın etkisiyle çatlakların arasında oluşacak baskı kırılmalara yol açar. Bitki ve ağaçların toprak altından ilerleyen kökleri cam kapların ağız kısmından içine (Resim 33) veya kılcal çatlaklarına girerek zamanla büyümesi sonucunda baskıyla parçalara ayrılmasına neden olmaktadır. Ayrıca toprak altında yuva yapan ve yumurta bırakan canlılar (köstebek, karınca, yılan gibi), hareket, baskı ve oluşturdukları boşluklarla camların kırılmasına neden olabilmektedir.



Resim 33. Ağaç köklerinden kaynaklı fiziksel tahribat

Ülkemizdeki arkeolojik alanların en önemli problemlerinden biri olan defineci tahribatları, cam eserlerin de parçalanarak bir araya getirilemeyecek kadar dağılmasına neden olmaktadır. Toprak altı camların bulunuşu ve kaldırışı sırasında uyulması gereken kuralların göz ardı edilmesi geri dönüşü olmayan fiziksel bozulmalarla sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle toprak altı camları bulunduğunda: buluntu ortamına dikkat etmek, güneş ışığından koruyarak nemini aniden kaybetmesini engellemek, etrafındaki toprağı uygun (kesici veya delici olmayan) aletlerle temizleyip yüzeyine yapışmış toprağa dokunmamak ve hassas davranarak titreşim yaratmamak fiziksel bozulmaları en aza indirecektir. Gösterile-



Resim 34. Yanlış tümleme tekniği ve malzemesi nedeniyle oluşan çatlak

cek bu özenin laboratuvar ortamında da devam etmesi gerekmektedir. Alanında uzman olmayan kişiler tarafından yapılan uygulamalarda, eserin iyi gözlemlenmeden ve yeterli araştırma yapılmadan temizlenmesi, yanlış birleştirme yöntemleriyle camın yapısına uygun olmayan ve geri dönüşümsüz yapıştırıcıların ve tümleme malzemelerinin kullanılması da camlarda çatlama ve kırılmalara neden olabilmektedir. Camın yapısına ve gerilimine uygun olmayan tümleme malzemesiyle onarılan bir eserin, gerilim sonucunda Resim 34'de görüldüğü gibi zamanla çatlaması mümkündür (Koob 2006: 49; Fontaine 1999: 204, Resim 2b).

Depolama ve sergi alanlarında cam eserler için gerekli, deprem, yangın ve hırsızlık önlemlerinin alınması olası fiziksel müdahaleleri ve kırılmaları engelleyecektir. Camların fiziksel sarsıntılara karşı desteklenmesi gerekmektedir. Bu durumlarda paketlemede ve taşımada dayanımsız ve hareketli malzemelerin (Resim 35.a) kullanılmaması gerekmektedir. Paketlemede kullanılan ambalaj kâğıdı, gazete kâğıdı, beyaz kâğıt, mukavva ve sıradan kartonların çoğu dayanımsızlıklarının yanı sıra asidiktir (Uğuryol 2012b: 122). Boya, asit, ağartıcı maddeler içerebilen bu malzemeler ortam nem ve ısısının da etkisiyle kimyasal reaksiyon sonucu matlaşma gibi yüzey bozulmalarına sebep olmaktadır (Resim 35.b).





Resim 35. Dayanımsız, hareketli ve asidik malzemelerle yanlış paketleme

3

Toprak Altı Cam Buluntuların Koruma ve Onarım Aşamaları

Antik camlara yapılacak doğru koruma ve onarım camın tarihsel süreç içerisindeki kimyasının ve üretiminin iyi bilinmesi ve bozulma nedenlerinin doğru teşhisiyle gerçekleşebilecektir. Camların buluntu anından sergilenme veya depolanma aşamasına kadar geçireceği süreç koruma ve onarım aşamalarını oluşturmaktadır. Buradaki çalışma, mevcut bilgi ve kaynakların değerlendirmesini, doğruluğu ve yanlışlığı kanıtlanmış uygulamaların belirtilmesini ve bunların bir sonucu olarak tarafımdan yapılan ve antik camların kimyasına ve üretimine dayandırılan yeni önerileri kapsamaktadır.

3.1. İlk Müdahaleler ve Belgeleme

Arkeolojik kazılardan ele geçen camlar, buluntu anından itibaren korunmaya başlanmalıdır. Korunma aşaması camların kendisini, buluntu yerini ve durumunu gözlemlemek ve belgelemekle başlamaktadır. Buluntu anından itibaren camların buluntu yeri, formu, fiziksel durumu, gözlemlenen bozulmaları, rengi gibi özellikleri kaydedilmeli ve ölçekli olarak fotoğraflanmalıdır. İlk müdahele öncesindeki durumun kaydıyla başlayan belgeleme süreci, uygulama teknik ve malzemelerin kaydının tutulması, gerekli çevresel ve özel şartlar ile uygulayıcının belirtilmesi, müdahalenin etkisinin izlenmesi ve kayıt altına alınmasıyla devam etmelidir (Özen 2012, 139; Uralman 2012, 62-63).

Genellikle kontrollü soğutulamayan ve gerilimli üretilen antik camların, bulundukları ortamın ısı ve nem dengesinin ani değişimiyle oluşabilecek çatlaklarının engellenmesi için, özellikle buluntu anında doğrudan güneş ışığına maruz kalmaması gerekmektedir; camların topraktan çıkarılış ve kaldırılış aşamalarında buna uygun ortam hazırlanmalıdır.

Bunun için önceden kapatılmamış bir alanda çalışılıyorsa güneş ışınlarının etkisini yitirdiği saatler veya buluntuya göre yeterli büyüklük ve kalınlıkta branda veya hasır bir örtü düzeneği tercih edilmelidir. Cam buluntunun yakın çevresindeki gevşek toprak yumuşak fırçalarla uzaklaştırılırken kontrollü soğutulamayan ve gerilimli üretilen camlarda olabilecek çatlaklar nedeniyle, eser yerinden oynatılmamalı ve yüzeyindeki kimyasal çözünme sonucunda oluşmuş tabakalara dokunulmamalıdır (Koob 2006: 16). Toprak altındaki cam buluntunun formu ve boyutu yeterince anlaşılır olduğunda kaldırma yöntemi planlanmalı ve gerekli malzemeler temin edilerek uygun mesafede bulundurulmalıdır. Cam eserin yerinden kaldırılma aşaması, buluntunun yeri (kültür tabakası, dolgu, mekân içi, mezar içi), konumu (dik, düz, yan, ters), durumu (tüm, çatlak, parçalı), toprağın yapısı (kuru, nemli) gibi veriler anında ve hızla gözlemlenerek planlanmalıdır. Kaldırma yöntemini doğrudan etkileyen bu veriler kaydedilmeli ve fotoğraflanmalıdır. Cam buluntunun kaldırılması planlanırken, buluntunun kodu ve konumu arkeolojik kazı tekniklerinde kullanılan yöntemlerle kaydedilmeli; eserin buluntu, bilgi ve durum fişleri tamamlanmalıdır. Bozulmaların tespiti ve uygun koruma aşamalarının belirlenmesi için cam eserin buluntu ortamının pH değeri ve ortamdaki tuzun varlığı ölçülmelidir. Ayrıca bozulmaların nedenlerinin anlaşılması amacıyla yapılacak kimyasal analizler için cam buluntunun yakınından toprak örneği alınmalıdır. Toprak örneği, kimyasal değişime uğramaması için ışık geçirimsiz, sıkı kapaklı plastik (mat siyah) bir kap içerisinde güneş ışınlarına maruz kalmayacağı bir ortamda korunmalıdır. Tespit edilen cam buluntunun arkeolojik bir kontekste aidiyeti kontrol edilmeli ve mekân yahut alandaki konumu tam görülmeden yerinden kaldırılmamalıdır. Cam buluntuların kaldırma işlemi sırasında gerekli malzemenin yakın da olsa bir başka yerden gelmesi beklenemeyeceğinden arazide gölgelik branda veya hasır, ölçüm ve görsel belgeleme araçları, gerekli bilgi fişlerinin boşları, farklı ebatlarda kıl fırça, ışık geçirimsiz ufak plastik kutular, milimetrik çizim gereçleri, farklı ebatlarda ahşap ve plastik kasa ve kutular, sargı bezi, sağlamlaştırıcı çözelti (Paraloid B-72, PVA), küçük püskürtme düzeneği, farklı ebatlarda kesilmiş ahşaplar ve küçük el aletleri bulundurulmalıdır.

Toprak altındaki camlar açığa çıktığında, cam yüzeyinde kimyasal çözünme sonucu oluşan ve toprak altındayken koruyucu bir kalkan oluşturan tabaka, ani ortam (nem ve ısı gibi) değişimi nedeniyle parçalanma sürecine girerek dökülür. Böyle bir durum sonucunda koru-


Resim 36. Toprak altı buluntusu cam kâse

masız olarak bozulmalara daha açık hale gelecek cam, mutlaka gün içerisinde (mümkünse görüldüğü andan itibaren 1 saat içinde) kaldırılmalıdır. Eser buluntu durumundakinden daha parçalı hale getirilmemeli ve kaldırma aşamasında diğer arkeolojik buluntulara ve verilere zarar verilmemelidir (Resim 36). Kaldırma işlemindeki aşamalar laboratuvarda yapılacak koruma işlemlerini zorlaştırmamalı ve bilgileri yok etmemelidir; ancak bu koşulları yerine getirecek bir planlamanın sonrasında kaldırma işlemi başlayabilir.

Kaldırma işlemi başladığında, cam buluntu içine dolan toprak boşaltılmamalıdır. Buluntu anındaki özellikle kapalı kaplar olarak adlandırılan şişe ve dar ağızlı kapların içerisindeki toprak, kullanıldığı dönemdeki işlevini kanıtlayabilecek bazı kalıntılar içerebileceğinden laboratuvar analizleriyle[40] bu konuda bilgi edinilebilir. Parçalı halde ele geçen camlar, yaygın kanının (Başaran 2000: 81) aksine kaldırılma aşamasından önce esere müdahale edilecek şekilde numaralandırılmamalıdır. Kaldırma aşamasında, parçaları çok büyük taş ve pişmiş toprak gibi eserlerde kullanılabileceğimiz numaralandırma işlemi, cam gibi son derece ufak ve kırılgan buluntuları tahrip edebilecek bir yöntemdir. Taşıma düzeneği, cama ve bulunduğu ortama uygun olarak hazırlanıp, eser bu düzeneğe yerleştirilir. Eğer kazı açısından da bir sorun teşkil etmiyorsa, ele geçen cam buluntunun, form, durum ve bozulma tabakalarına göre etrafındaki toprak kütlesiyle beraber kaldırılması (Koob 2006: 15; Herold 1990: 125) gerekebilir. Kaldırma sırasında toprağın dağılmaması, camın formunun bozulmaması ve tahrip olmaması için destekleme malzemesi olarak temiz sargı bezi (sağlamlaştırıcıyla kuvveti arttırılabilir) en uygundur (Resim 37). Gerekli durumlarda kaldırma işleminde camın etrafındaki toprak destekleyici ahşap çerçeveye alınır; çerçeve altındaki topraktan ayrılarak bir bütün halinde de kaldırılabilir.

40 Günümüzde yapılan çalışmalara örnek olarak bk.: Ribechini-Modungo vd. 2008: 555-561.

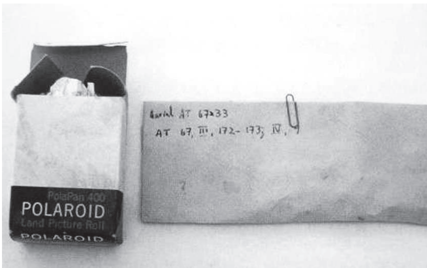


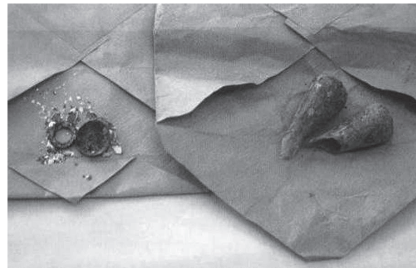


Resim 37. Toprağı ile birlikte kaldırılıp, laboratuvara taşınmış cam kâse

Kaldırma aşamasıda cam buluntunun folyo gibi malzemelerle yüzeyinin kapatılıp, üzerine poliüretan köpük sıkılarak (Davison 2006: 245-247) desteklenmesi, fiziksel bozulmaya sebep olacağından uygulanmamalıdır.

Cam buluntularda kimyasından ve üretiminden kaynaklı yoğun bozulma (kimyasal çözünme) görülmesi durumunda etrafındaki toprağıyla kaldırılması yetersiz kaldığında yapısal destekleme malzemesi olarak sağlamlaştırıcı kullanılabilmektedir. Bu durumda camla kimyasal reaksiyona girmeyen, geri dönüşümlü ve yüzey gerilimine neden olmayan bir sağlamlaştırıcı seçilmelidir (Koob 2006: 47). Cam buluntularda bu gibi uygulamalarda Paraloid B-72 (metil metakrilat kopolimer) (Davison 2006: 211) sağlamlaştırıcı olarak kullanılabilmektedir. Arkeolojik kazı alanında cam eserin yüzeyini sağlamlaştırma çok gerekli olmadıkça uygulanmamalı ve uygun yer ve koşullar oluşturulmadıkça temizlemeye kalkışılmadan en kısa zamanda laboratuvara ulaştırılmalıdır (Koob 2006: 16). Toprak altından dağınık halde ele geçen cam parçalarına da gerekli özen gösterilmelidir. Genellikle sıradan (muhtemelen asidik) kâğıt zarf ve zayıf karton kutu gibi uygun olmayan ve dayanımsız malzemelerle (Resim 38) paketlenen camlar üretimlerine (gerilimli) ve

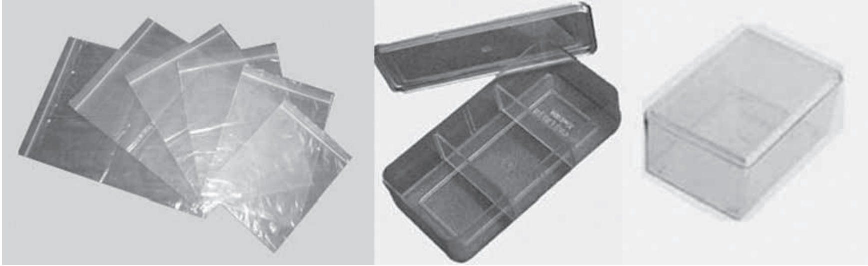




Resim 38. Cam parçalarının ani kurumasına neden olan yanlış paketleme örnekleri

kimyasal özelliklerine (yüksek oranda tadil edici içermesi) bağlı yapısal dayanımsızlıkları nedeniyle kırılmalara ve ani nem değişimiyle yüzey dökülmelerine maruz kalmaktadır.

Parça halindeki camlarının paketlenmesi sırasında kullanılacak paketleme malzemesinin, hava almayarak ani nem kaybını önleyecek nitelikte olması gerekmektedir. Bu nedenle arazi çalışması sırasında ele geçen camların mutlaka kilitli polietilen poşet içinde gölgede tutulması gerekir. Yapısal dayanımı zayıf cam, taşıma ve depolama sırasında, kilitli polietilen poşetler sarsıntı ve darbelere karşı korunmasında yetersiz kalacağından, araziden ayrılırken ayrıca kapaklı plastik kaplar (Resim 39) içerisine konularak daha korunaklı hale getirilmelidir. Laboratuvar çalışmaları ve depolama sırasında da camlar uygun boyut ve dayanımda kapaklı plastik kaplarda saklanmalıdır. Polyester (PET), polikarbonat (PC), polietilen (PE), polipropilen (PP) ve polimetakrilakt (PMMA) gibi etkisiz olarak kabul edilen plastik malzemelerden üretilmiş ürünler çok amaçlı kullanılabilir (Uğuryol 2012b: 126).

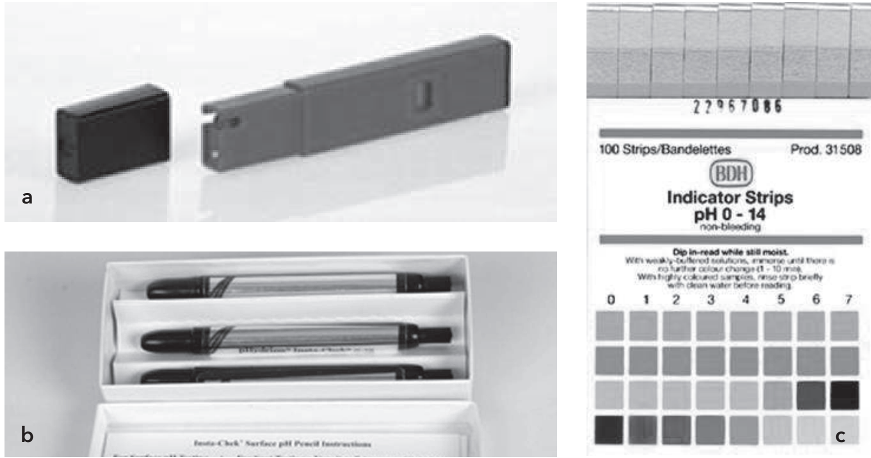


Resim 39. Parça camların paketlenmesine uygun polietilen poşet ve kapaklı kaplar

3.2. Temizleme Uygulamaları

Laboratuvara getirilen cam eserin ilk olarak arazide doldurulan fiş(ler) i ve toprağının durumuyla ilgili notlar kontrol edilmeli ve incelenmelidir. Cam eserin laboratuvara geliş anı, temizlik öncesi, temizlik aşamaları ve temizlik tamamlandıktan sonraki durumu fotoğraflarla belgelenmelidir. İlk fotoğraflama yapıldıktan sonra cam eser için bir laboratuvar/ onarım fişi doldurulur. Bu fişte, önceki fiş ve notlardaki gerek görülen bilgiler, eserin ilk gözlemiyle durum tanımlamasının doldurulması uygun olacaktır. İleriki olası uygulamalar ve kullanılan tüm malzeme ve solüsyonlar oranlarıyla birlikte zamanı geldikçe bu fişe işlenmelidir. Bu fişin

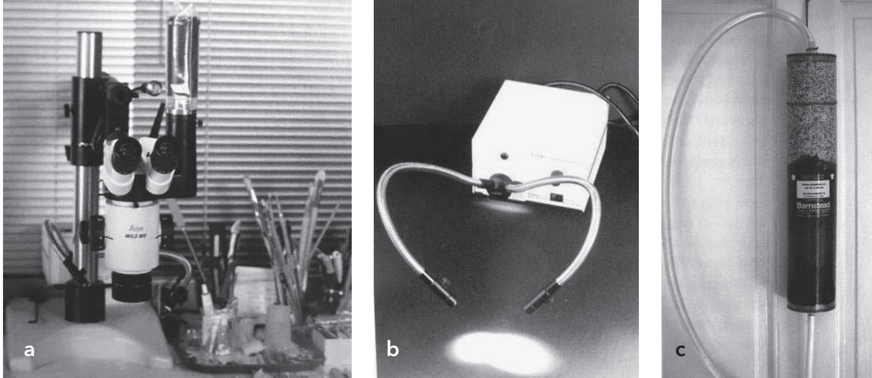
haricinde, Bakanlar kurulu kararıyla yapılan arkeolojik kazıların EK 19 koruma/onarım uygulama fişinin de doldurması gerekmektedir. Arazide sağlamlaştırma yapılıp yapılmadığına ve camın yapısal özelliklerinin korunmuşluk durumuna gözlem sırasında dikkat edilmelidir. Cam eserin yüzeyine sağlamlaştırıcı uygulanmışsa temizlik uygulaması öncesi kaldırılması daha doğrudur. Arazide cam eserin buluntu yerinden alınan toprak örneğine ve cam esere, temas edecek malzemelere pH testi yapılmalıdır; bu test için pH metre (Resim 40.a), pH kalemi (Resim 40.b) (Uğuryol 2012b: 127) veya kâğıtları (Resim 40.c) kullanılabilir.



Resim 40. Farklı tipte pH ölçücüler

Cam yüzeyinde bezeme, boya, çatlak veya antik bir onarımın olması gibi durumlarda bazen temizlik öncesinde geri dönüşümlü bir ön sağlamlaştırma gerekli görülmektedir (Koob 2006: 39). Ön belgeleme ve araştırma aşamaları tamamlandıktan sonra doğru temizlemenin etaplarına ve şekline karar verilebilir. Uygun temizlemenin belirlenmesi camda görülen bozulmaların neden ve sonuçlarının irdelenmesiyle ortaya çıkacaktır. Yeterli irdelemenin yapılabilmesinde eldeki bilgiler ve gözlem yetersiz kaldığında daha önce bahsettiğimiz mikroskop ve spektral analiz destekli araştırma yöntemlerinden yardım alınabilir. Bu yöntemlerin, cam buluntularda görülen bozulmaların anlaşılmasında yoğun olarak kullanılmaya başlandığı son yirmi yıldır, önceden anlaşılamayan birçok bozulmanın neden ve sonuçlarını ortaya koyduğu, bu bağlamda da özellikle 1990 öncesi yayınların ve de bunlardan faydalanarak oluşturulmuş daha

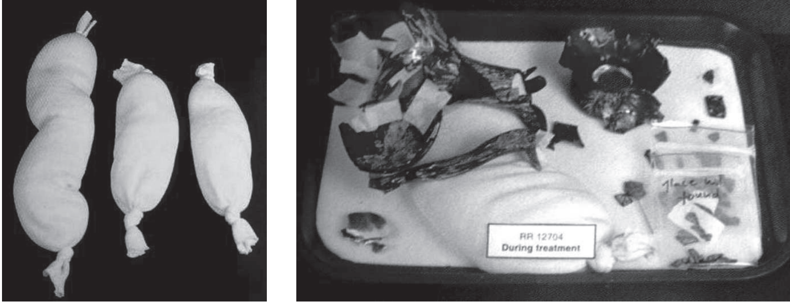
yeni yayınların geçerliliğine temkinli bir yaklaşımla karar verilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Laboratuvarda özellikle yüzey bozulmalarının tespitinde ve gözlem için kullanılabilecek yeterlilikte (6X-20X) bir mikroskop (Koob 2006: 27) bulundurulmalıdır; kullanılacak çift bakışlı mikroskop tercihen eserin masa yüzeyinde durmasına uygun ve masaya sabitlenebilen ayaklı olmalıdır (Resim 41.a). Mikroskop altında inceleme sırasında ve gerektiğinde bölgesel ışık kaynağı olarak, toprak altındaki antik camların yüzeyinde kimyasal çözünme sonucu oluşan tabakanın, ani ortam (nem ve ısı gibi) değişimi sonucunda parçalanma sürecine girerek dökülmesine neden olmayan ve ısı vermeyen fiber optik aydınlatma cihazlarının (Resim 41.b) kullanılması uygundur. Temizlik aşamasında gerekli olabilecek miktarda saf suyun sağlanması için saflaştırıcı kartuşlu bir düzeneğin (Resim 41.c) bulundurulması kolaylık sağlayacaktır.



Resim 41. Laboratuvar için gerekli cihazlar

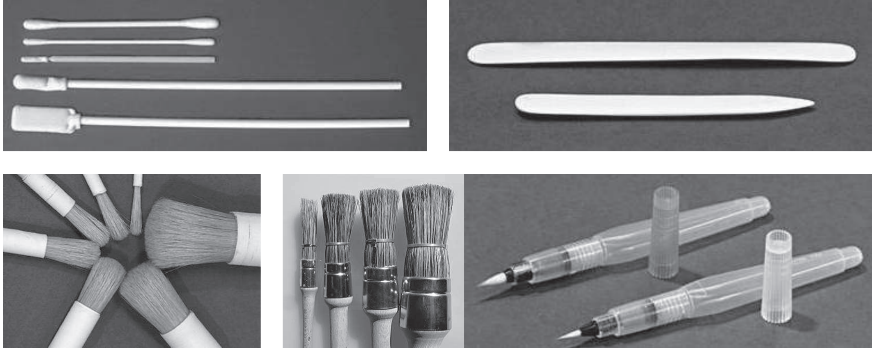
Cam eser temizliğinin yapılacağı laboratuvarda ayakta ve oturarak kullanılacak geniş çalışma yüzeyleri (masa/banko) ve iyi bir aydınlatma sistemi bulunmalıdır. Cam eserin bölgesel aydınlatılması için (tercihen ısı vermeyen fiber optik) seyyar masa aydınlatmaları ve hassas temizlik sırasında kullanılacak büyüteçli masa lambası[41] laboratuvarda hazır bulundurulmalıdır. Kırılgan yapıdaki camın temizlik işlemleri sırasında sarsıntılardan ve baskılardan etkilenmemesi için yumuşak bir çalışma zemini oluşturulmalıdır; sünger, pamuk veya kum torbalarının temizlik aşamasında kullanımı uygundur (Resim 42).

41 Cam onarımında kullanılmak üzere geliştirilmiş ancak yaygın kullanıma ulaşmamış ışıklı bir kutu için bk.: Thornton 1990: 107-109.



Resim 42. Sünger, pamuk veya kum dolu yatak desteklerin kullanımı

Cam buluntulara elle doğrudan temasın önlenmesi amacıyla eldiven kullanılmalıdır; böylelikle temizlik aşamasında elden cam esere bulaşabilecek nem, yağ ve tuz engellenmiş olacaktır. Farklı ebat ve derinliklerde plastik kaplar, temizleme çubukları (Berducou 1987: 15) (cama zarar vermemesi için pamuk, pamuklu kumaş uçlu ve ahşap olabilecek), çeşitli boy ve kalınlıklarda yumuşak ve organik kıllı fırçalar, sargı bezi ve pamuklu/kâğıt havlu temizlik işlemi başlamadan yeterli miktarda tedarik edilmiş olmalıdır (Resim 43). Gerektiğinde ıslak uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış organik kıllı ve su hazneli fırçaların (Resim 43) kullanımı kolaylık sağlayabilmektedir. Uygulama bu donanımların hazır bulunduğu ortamlarda ve mutlaka uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmelidir.

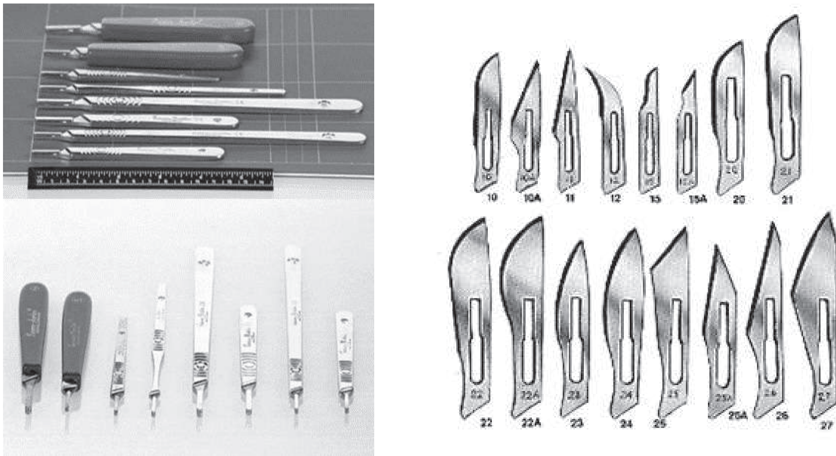


Resim 43. Temizlemede kullanılan çubuklar, organik kıl uçlu ve su hazneli fırçalar

Toprak altındaki camların kimyasal yapısına bağlı olarak yüzeyinde kimyasal çözünmenin oluşturduğu koruyucu tabaka, parçalanarak dökülebilir. Aynı zamanda bir bozulma olan bu tabakanın temizlenmesi

veya mevcut haliyle korunması, korunmuşluk durumuna göre değişebilmektedir. Cam yüzeyindeki bozulma veya suyun taşıdığı çözünebilir tuzlar nedeniyle oluşan tabaka çatlama, ayrışma ve dökülme sürecindeyse temizlenebilir; ancak yüzey bozulması ya da oluşan tabaka sağlam bir şekilde tutunuyorsa cam bu durumda temizlenmeyedebilir. Bu ayrımın yapılması aşamasında mikroskopla yapılacak yüzey incelemesi büyük önem taşımaktadır. Derinlemesine yapılan incelemelerde cam yüzeyinde, çözünebilir tuz tabakalanmaları ve bozulan yüzey kabuklaşması kolayca ayırt edilebilir ve böylece ayrı ayrı ele alınabilir.

Toprak altında suyla taşınan ve çözünebilir tuzlar nedeniyle oluşan kabuklaşma şeklindeki tabaka oluşumu eğer kendi içinde sağlam bir yapıya ulaştıysa, bu tabakanın kaldırılmaya çalışılması sırasında ortaya çıkacak baskı üretim aşaması sonucunda gerilimli camların çatlama ve kırılmasına neden olabilir. Tabakanın sağlamlık durumuna ve camın dayanımına göre kaldırılıp kaldırılmayacağına karar verilmelidir. Kısmî olarak dökülen yüzey tabakalanması yüzeydeki fiziki dengeyi bozabilmektedir. İmkân varsa temizlik müdahalesi öncesinde tabakalanma parçalarının kimyasal ve dayanım analizleri yapılarak sonuçları değerlendirilmelidir. Analizlerin yapılamaması durumunda kaldırılmasına karar verilen çözünebilir tuz tabakalaşmasının örnekleri ileriki analizler için saklanmalıdır. Böyle bir tabakanın kaldırılmasına karar verilirse, hazırlanan uygun çalışma zemininde kontrollü hareketlerle basınç uygulamadan, organik kıllı fırçalar ve uygun kalınlıkta bir bisturiyle (Resim 44) kuru mekanik temizlik gerçekleştirilebilir.



Resim 44. Mekanik temizlik için kullanılan bisturi sap ve uçları

Maliyet yüksekliği ve donanım gerekliliği nedenleriyle çok yaygın kullanılamayan fakat antik camların kimyasına uygun ve sonuçları şu ana kadar başarılı görülen bir diğer mekanik kuru temizleme yolu da UV Lazer[42] yöntemidir. Tabakalanmada bazı yerlerin kaldırılan tabakadan daha sağlam tutunuyor olması durumunda, sadece bu sert bölgeler üzerine sıvı hazneli fırça veya pamuklu çubuklarla saf su ve etil alkol (etanol (C_2H_5OH)) karışımı (%50 etil alkol+%50 saf su) uygulanarak tabakada yumuşama sağlanmalı, buharlaşma öncesinde yine bisturi ile mekanik temizliğe devam edilmelidir. Kabuklaşma şeklinde tabaka oluşumu görülen buluntuların ıslak temizliğinde, saf su ve etil alkol çözeltisi tercih edilebilir. Yüzeyindeki tabakalaşma dökülmeye başlamış ve tabakanın kaldırılmasına karar verilen buluntu, suyla taşınan çözünebilir tuzlardan arındırılmak için belirli sürelerde değiştirilen saf suda bekletilebilir. Her bekleme suyuna yapılacak tuz testi sonucunda, tuzdan arındırılmış cam eserin bünyesindeki fazla su etil alkol banyosuyla alınabilir.

Cam buluntuların yüzeyinde görülen yanardöner görünümlü sedefli bozulma (korozyon), ayrışmaya ve dökülmeye başlamışsa kaldırılması gerekebilir. Cam yüzeyinden pul pul dökülen bozulma oluşumlarının, analizle içeriklerinin saptanıp kimyasal bozulma sürecine ve camın kimyasal yapısına ışık tutacak veriler içerdiği unutulmamalıdır (Tablo 27-29). Dökülen (ve temizlikte ortaya çıkan) bu oluşumlar, hangi esere ait olduğu kaydedilip koruma altına alınarak, temizlik aşaması öncesinde ya da sonrasında yapılacak araştırmayla değerlendirilebilir. Eğer cam yüzeyindeki bozulma oluşumları dökülmeye başladıysa, buluntu yerinden alınan toprak örneğine ve esere pH, tuz ve nem testleri yapılarak ve gözlemlenerek bu dökülmenin nedenleri tespit edilmeye çalışılabilir. Tespit edilen tüm verilerin koruma fişine işlenmesi ve görsel belgelemenin tamamlanmasının ardından cam eser yüzeyinde temizliğe başlanabilir. Cam buluntu uygun olarak temizlenmesi için önceden hazırlanan çalışma zeminine yerleştirilip üzerindeki toprak kalıntıları, cam yüzeyine ve eğer varsa yüzey üzerindeki tabakalara zarar vermemek için yumuşak uçlu organik kıllı fırçalar, pamuklu çubuklar, sivriltilmiş ahşap veya bambu çubuklarla (Berducou 1987: 15), kontrollü ve küçük hareketlerle alınmalıdır. Bu işlem sırasında kılcal çatlaklar düşünülerek baskı uygulanmamalı ve yüzeyde sertleşmiş tabaka halindeki toprak veya bitki kökü kalıntıları gerekirse saf su ve etil alkol ile yumuşatılarak aynı aletlerle

42 Vitraylar üzerinde yapılan bu tip bir uygulama için bk.: Fekrsanati-Hildenhagen vd. 2001: 196-210.

temizlenmeli; gerekli görüldüğü durumlarda saf su ve etil alkol çözeltisi içinde bekletilmelidir. Saf suyla yapılan bu çözeltilerde etil alkol yerine noniyonik deterjanların[43] kullanımı da cam korumasında bahsedilen uygulamalardandır; ancak saf su ve etil alkol çözeltilerinin kullanılması, çözeltinin yetersiz kaldığı durumlarda ise doğrudan etil alkol ile ıslak temizlik yapılması deterjan kullanımından daha uygun olacaktır.

Genellikle su altından ele geçen camlara uygulanan ıslak temizlik yöntemi kimyasal temizliktir. Çeşitli kimyasal maddelerin belli oranda saf suyla karıştırılmasıyla hazırlanan çözeltiler, bölgesel olarak cam yüzeyine uygulanmış veya doğrudan yıkamada kullanılmıştır. %2 oranında sülfürik asit (Başaran 2000: 82), %10 oranında hidroklorik asit (Başaran 2000: 83; Kocabaş 1998: 108), %3 oranında nitrik asit (Koob 2006: 43), %5 oranında etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) (Kocabaş 1998: 109), %10 oranında sodyum heksameta fosfat (Kocabaş 1998: 109), %10-25 oranında hidrojen peroksit (Kocabaş 1998: 109), metal kalıntıları için %5-10 oranında oksalik asit (Koob 2006: 43) gibi kimyasallarla hazırlanan çözeltilerin, camların temizliğinde halen kullanıldığı belirtilmiştir. Buna karşın daha önceden kullanılan hidroflorik ve fosforik asitlerin artık kesinlikle kullanılmaması gerektiği anlaşılmıştır (Koob 2006: 43). Günümüzde uygulanan kimyasal temizliklerin de ileriki tahribatlarını bir miktar engelleyebilmek için cam eserin uygulama sonrasında saf suda bekletilmesi gerektiği bilinmektedir. Kimyasal madde çözeltileri ile kısa süreli üretilmiş çözümlerin, ileride esere vereceği zararın[44] boyutu günümüzde halen araştırmaları süren bir konudur. Cam buluntuda ıslak temizliğe gerek duyulduğunda, kimyasal bozulmalara yol açan ve günümüzde halen araştırılan kimyasal temizlik yerine, daha yavaş sonuç veren ama zararsızlığı büyük ölçüde kanıtlanmış saf su etil alkol çözeltilerinin (veya doğrudan etil alkolün) kullanılmasının daha uygun bir yöntem olduğu görüşü ortaya çıkmıştır.

Buluntu anında veya laboratuvar aşamasında yanlış müdahalelerin yapılması, belli bir süre sonra tekrar temizlik işlemi uygulanmasını gerektirebilmektedir. Özellikle uygun olmayan ve bazen de gereğinden çok kullanılan yapıştırıcı, sağlamlaştırıcı ve tümleme malzemeleri zamanla sararmalara neden olmaktadır. Bazen kimyasal uyum göstermeyen yapıştırıcılar inceltilerek tüm yüzeye koruyucu olarak sürülmektedir; böyle

---

43 Teepol, symperonic N.D.B., desogen gibi noniyonik deterjanlar için; Berducou 1987: 16.

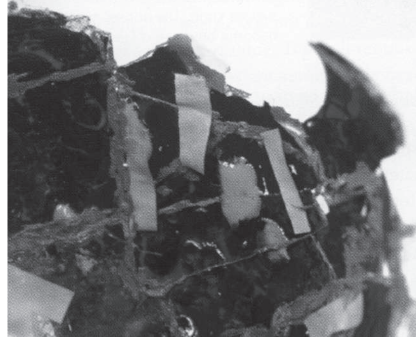
44 Sülfürik asit, hidrojen peroksit ve EDTA kullanımının Antik Çağ cam eserlerinin yüzeylerinde meydana getirdiği tahribatların XPS yöntemiyle tespiti için bk.: Altavilla-Ciliberto 2008: 251-255

durumlarda, kullanılan malzemelerin dayanımsız olması nedeniyle, zamanla sararma ve renk değişikliği görülmektedir. Resim 45'deki birinci fotoğrafta uygun olmayan bir yapıştırıcının zamanla sarardığı; ikinci fotoğrafta ise aynı buluntunun uygun malzemeyle yapıştırıldıktan sonraki hali görülmektedir. Bu gibi durumlarda, önce yapıştırıcı, tümleme malzemesi veya yüzey koruyucunun tespiti yapılmalı; bunların çözülmesi ve parçaların temizliği aşamasında varsa kendi çözücüleri kullanılmalı; çözücüleri yoksa saf su, etil alkol ve saf aseton (CH_3COCH_3) denenmeli ve gerekirse mekanik temizlik uygulanmalıdır. Yapıştırıcıların temizliği ileriki bölümlerde ayrıca anlatılacaktır.



Resim 45. Kullanılan yanlış yapıştırıcının temizlenerek yenilenmesi

Cam onarımında eskiden kullanılıp belli nedenlerle artık kullanımı uygun görülmeyen yapıştırıcıların haricinde, hiçbir zaman antik camlarda kullanımı onaylanmamış ve genellikle piyasada rahat bulunduğu için bilinçsiz kişiler tarafından uygulanan geri dönüşümsüz uhu (Koob 2006: 114) ve Japon yapıştırıcısı (Koob 2006: 115) gibi bazı yapıştırıcılar 24-48 saat arasında saf aseton tamponuyla bekletilerek temizlenmeye çalışılmalıdır. Ayrıca birden çok yapıştırıcı uygulanmış ve onarımı yarım bırakılmış yanlış uygulama örnekleri de karşımıza çıkabilmektedir (Resim 46). Bu gibi durumlarda, kullanılan tüm yapıştırıcı cinslerinin tespit edilmesi ve her yapıştırıcıya uygun çözücüyle ayrı ayrı müdahalelerle buluntunun kurtarılmaya çalışılması en doğru yöntem olacaktır. Bilinçsiz kişilerce yanlış yapılan her uygulamanın cam buluntuya yeni bir müdahaleyi gerektirdiği ve bu süreçte bozulmanın tekrarlandığı unutulmamalıdır.



Resim 46. Birden fazla yanlış yapıştırıcının kullanımı

Uygulama yapılsın ya da yapılmasın antik cam yüzeyinin havayla temasının kesilmesinin koruyucu olduğu sanılarak geri dönüşümlü ve hatta bazen de geri dönüşümsüz malzemelerle tüm yüzeyin bir film tabakasıyla kaplanmasının (Davison 2006: 263-269; Başaran 2000: 87-89; Kocabaş 1998: 109-110), aslında bir nem tuzağı (Koob 2006: 55) olduğu yapılan araştırmalar sonucunda günümüzde kesin olarak saptanmıştır. Bu tip uygulamaların zamanla yüzeyi daha da tahrip ettiği ve yüzey kaybına sebep olduğu gözlenmiştir (Koob 2009: 114-115, Resim 2). Antik camların araştırılmasında gelişen ve çeşitlenen teknikler sonucunda ortaya konan bu bilgiye dayanarak, son yıllarda yazılan kaynaklar hariç tüm diğer kaynaklarda doğruluğu savunulan ve koruma adı altında yapılan yüzeyin inceltilmiş yapıştırıcılarla kaplanmasının son derece yanlış ve kesinlikle uygulanmaması gereken bir yöntem olduğu bilinmelidir.

Kimyasından ve üretiminden kaynaklanabilen bozulmaların neden ve sonuçlarının irdelenmesiyle antik camlara yapılabilecek doğru temizleme yöntemi belirlenir. İrdeleme sırasında eldeki bilgiler ve gözlem yetersiz kaldığında, mikroskop ve spektral analiz yöntemlerinden yardım alınabilir. Kimyasal yapısı ve bulunduğu ortamla reaksiyonu sonucu, yüksek sodalı Antik Çağ camlarının yüzeyinde, kimyasal çözünmenin oluşturduğu koruyucu tabakanın temizlenmesi veya mevcut haliyle korunması, durumuna göre değişebilmektedir. Antik camların yüzeyinde oluşan kabuklaşma, sıvı hazneli fırça veya pamuklu çubuklarla, saf su ve etil alkol karışımının gerekli alana uygulanmasıyla veya aynı çözeltide bekletilerek yumuşatılmalı ve bisturiyle mekanik yöntemle temizlenmelidir. Başarılı görülen bir diğer mekanik kuru temizleme yöntemi de UV lazerdir. Cam buluntular, suyla taşınan çözünebilir tuzlardan arındırılmak için belirli sürelerde değiştirilen saf suda bekletilebilir. Islak temizlikte, kimyasal çözünmeye uğramış yüksek sodalı camlarla reaksiyona girerek bozulmalara yol açabilecek noniyonik deterjanlar ve kimyasallar yerine, saf su ve etil alkol çözeltisi veya doğrudan etil alkol kullanımı daha uygundur.

3.3. Birleştirme Uygulamaları

Cam kullanıldığı her dönemde özel ve lüks bir malzeme olarak kabul edildiğinden kırıldığında birleştirilmeye çalışılmıştır. Antik Çağ'da yapıştırıcı olarak kullanılan malzemenin arkeolojik kalıntısı bulunmamakla birlikte, antik kaynaklardan edinilen bilgilerin kullanılabilirliği günümüzde bazı uygulamalarla denenmiştir (Eggert-Straub 2009: 3-7). Antik Çağ'a ait kırıklarının onarılarak formu korunmaya çalışılan bir kap örneği Berlin Milli Müze'de sergilenen 60 cm. yüksekliğindeki amforadır (Resim 47). MÖ 150-80 yıllarına tarihlenen bu amforanın imalatından yaklaşık 60 yıl sonra, kapak tutamacı ve kulp bağlantıları süslemeli metal apliklerle yeniden birleştirilmiş; ince yapılı gövdeye binen yükü azaltmak için omuz gövde geçişine metal bir bant ilave edilmiştir (Platz-Horster 1995: 35-49).

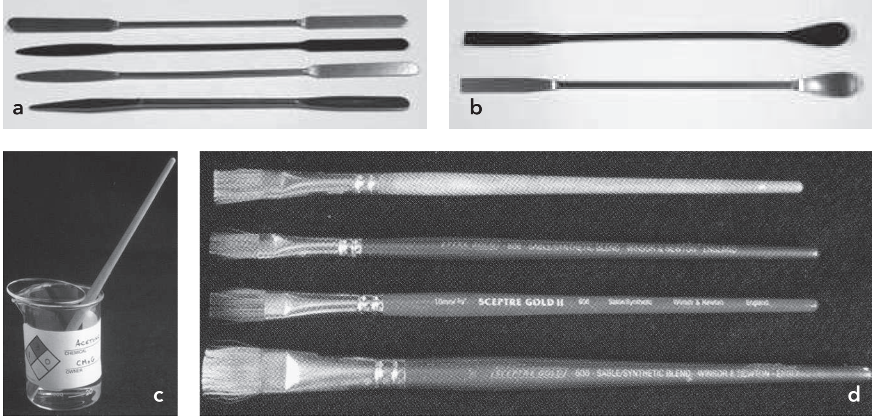


Resim 47. Antik Çağ'da onarılmış amfora

Cam buluntuların birleştirilmesi, ön hazırlık ve yapıştırma aşaması olarak sınıflandırılmalıdır. İki yüzeyin, kimyasal ve fiziksel bağla birbirini çekmesi ve tutması yapıştırma olarak tanımlanmaktadır (Kodakoğlu 1996: 5-47). Çoğu yapıştırıcı, viskozitesi ve yüzeye dağılımının ayarlanabilmesi için çözücüyle kullanılmaktadır (Kaya 2004: 237). Birleştirme uygulamasında kullanılacak yapıştırıcının özelliği kadar çalışılacak laboratuvarın donanımı da önemlidir.

Hassas terazi, kurutma makinesi, ayakta duramayan eserler için taşıyıcı kollar, büyüteçli, normal masa ve UV lambaları (tabanlarından masaya sabitlenen ve gövdelerinden hareket kabiliyeti olan), taşıma tablaları/tepsi, şeffaf bant ve ağır metal bantlık, düz cam plaka, cam, metal ve ahşap çubuklar, düz ve kaşık uçlu küçük ıspatulalar (Resim 48.a-b), birleştirme telleri (omega teller), yapıştırıcı hazırlanacak cam plakalar, cam ve plastik kavanozlar/şişeler, damlalık, beher ve yassı cam kaplar (Resim 48.c), çeşitli yapıştırıcı ve çözücüleri, saf aseton, etil alkol, eldi-

ven, doldurulabilir yapıştırıcı tüpleri, organik kıllı ince fırçalar (Resim 48.d), pamuklu çubuk, cımbız, sıkı dokulu pamuk bez ve sargı bezi gibi malzemeler yapıştırma aşamasında laboratuvarda hazır bulundurulmalıdır.



Resim 48. Yapıştırıcı uygulamasına yardımcı küçük aletler

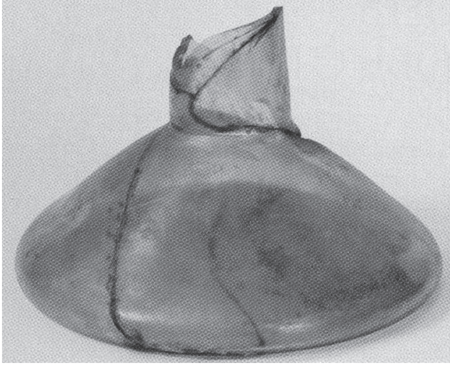
Bitkisel ve hayvansal kökenli bazı yapıştırıcılar (Kaya 2004: 237-244);[45] termoplastik yapıştırıcılardan (Kaya 2004: 123-167)[46] polivinil asetat, selüloz nitrat (Riederer 1989: 42-43; Selwitz 1988: b.a.) ve akrilikler; termoset yapıştırıcılardan (Kaya 2004: 69-121)[47] epoksi reçineler cam buluntuların birleştirilmesinde kullanılmıştır.

Bitkisel kökenli yapıştırıcılardan Arap zamkı (*Gummi Arabicum*) cam onarımında 19. ve 20. yüzyıl başlarında kullanılmıştır. Yeni araştırmalar (Koob 2006: 113) cam birleştirilmesinde kullanılan Arap zamkının zamanla hem yapıştırıcı özelliğini yitirdiğini hem de renginin değiştiğini ortaya koymuştur; bu nedenle Arap zamkının tamamen temizlenmesi gerekmektedir. Resim 49'da Samotrake kazılarından ele geçen ve MS

45 Bitkisel kökenli (ör.: dekstrin, nişasta, Arap zamkı, gum traganat) ve hayvansal kökenli (kazein gibi) yapıştırıcılara çözücü olarak su kullanılmaktadır.

46 Termoplastik yapıştırıcılar: oda sıcaklığında katı halde bulunan, ısıtıldığında eriyip, soğuduğunda tekrar katılaşan bu yapıştırıcılar aseton, tolüen, metil asetat, metilen klorür ve metil ve etil alkolde çözünebilmektedir.

47 Termoset yapıştırıcılar: soğuk, yüksek ısı, rutubet ve yüke karşı dayanımlı sıvı yapıştırıcılardır. Tek veya iki bileşenli termosetlerin sertleşmesi oda sıcaklığında yavaş gerçekleştiğinden, yapışmanın kısa sürede gerçekleşmesi için ısıyla kimyasal tepkimeye sokulur. Termoset yapıştırıcılar ısıyla ergimeyip, organik çözücülerle çözünmemektedir.


Resim 49. Arap zamkıyla yapıştırma

1. bine ait bir şişede Arap zamkı kullanımı ve yapıştırıcının zamanla renk değiştirdiği görülmektedir. Arap zamkı gibi tam geri dönüşümlü olmayan bitkisel kökenli yapıştırıcıların temizliği, yapışma özelliği %50 saf aseton ve %50 etil alkol çözeltisiyle azaltılarak mekanik yöntemle yapılmalıdır (Koob 2006: 113).[48] Bitkisel kökenli yapıştırıcılarda zaman içerisinde görülen problemler hayvansal kökenli yapıştırıcılarda da (Davison 2009: 108, Resim 2) ortaya çıkmaktadır. Birleştirilmesinde hayvansal kökenli yapıştırıcı kullanılan cam buluntu, camın korunmuşluk durumuna göre eserin ılık saf suda yarım saat tutulmasıyla veya yapıştırıcı üzerine oda sıcaklığındaki saf suyun tatbik edilmesiyle temizlenebilir (Koob 2006: 113).

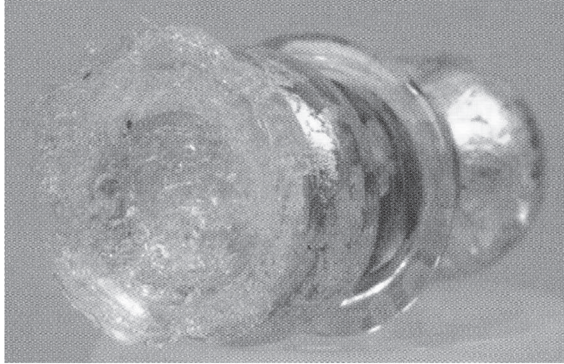
Termoplastik yapıştırıcılardan polivinil asetat (PVA) (Down 2009: 91-98) suyla çözülmesi yanı sıra kokusuz ve zehirsiz olmasından dolayı cam onarımında da tercih edilmiştir. Sardeis kazısında ele geçen bir cam esere yapılan polivinil asetat uygulamasından; %2-5'lik polivinil asetat çözeltisiyle cam yüzeyinde sağlamlaştırma, %20'lik polivinil asetat çözeltisiyle yapıştırma, aynı çözelti ve Japon kâğıdıyla tümleme yapıldığını öğrenmekteyiz (Majewski 1973: 99-100). Resim 50'de polivinil asetatla yapıştırılan cam bir bardaktaki mat beyaz yapıştırıcının zamanla renk değiştirdiği görülmektedir (Koob 2006: 112). Beyaz tutkal da denilen su bazlı polivinil asetatın camdan temizlenmesi için tutkallı yerler ılık suyla ıslatılarak (yaklaşık 10-15 dakika) renginin tam


Resim 50. Polivinil asetat (PVA) ile yapıştırma örneği

48 Bitkisel kökenli yapıştırıcıların temizliği için ayrıca bk.: Koob 1979: 134-135.

beyazlaşması beklenmeli ve mekanik yöntemle yapıştırıcı kaldırılmalıdır (Koob 2006: 114).

Termoplastik yapıştırıcılardan selüloz nitrat, pamuk selülozunun nitrik asit ve sülfürik asitle reaksiyonuyla elde edilen yapıştırıcı günümüzde kâğıt, deri ve tekstil alanında da kullanılmaktadır (Kaya 2004: 124-125). Selüloz nitratla birleştirilen camlarda, yapıştırıcının zamanla ve atmosfer temasıyla sararması ve yapıştırıcı özelliğini yitirmesi bu alanda kullanımının başarısız olduğunu kesinleştirmektedir. Resim 51'deki yaldızlı şişe topuzunda, yapıştırıcı özelliğini kaybederek kırılganlaşan ve sararan bir selüloz nitrat uygulaması görülmektedir. Cam onarımında *HMG* (Davison 2006: 35-47) ticari markalı selüloz nitrat kullanıldığı bilinmektedir. Saf asetonla son derece kolay çözünen yapıştırıcının (Neiro 2003: 237-244) temizliğinde fırçalama ve mekanik temizliğe de gerek kalmamakta, parçalar ikinci bir saf aseton banyosundan geçirilerek kurutulmalıdır (Koob 2006: 114).



Resim 51. Selüloz nitratla yapıştırma

Termoplastik akriliklerden (akrilik polimer/silikon polimer) Paraloid B-72 (Acryloid B72) ticari markalı yapıştırıcı, cam onarımında kullanılmaktadır. Diğer yapıştırıcılara değinildikten sonra daha detaylı inceleyeceğimiz Paraloid B-72, cam onarımında sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Koob 2006: 47-57; Koob 1986: 7-14; Arcak-Kunicki-Goldfinger 2006: 6-8; Chapman-Mason 2003: 381-392; Paterakis 2003: II2.4.5). Termoplastik akriliklerden metakrilat yapıştırıcılar (ör.: *Plastogen G* (Başaran 2000: 98), *silikon lastik* (Davison 1998: 35-47)) tam şeffaf olmadıkları için ancak mat ve yarı saydam camlarda tercih edilebilmiştir. Metakrilat yapıştırıcılar saf asetonla temizlenebilmektedir (Koob 2006: 114).

Termoset yapıştırıcılardan epoksi reçineler hakkında birçok bilimsel araştırma yapılmış (Coutinho-Ramos vd. 2009: 127-133; Kapolos-Bakaoukas vd. 2007: 152-159; Karayannidou-Achikias vd. 2006: 3311-3323; Tennent-Townsend 1984: 26-28; Wihr 1970: 17-25) ve yapılmaya devam etmektedir. Cam onarımıyla ilgili yayınlarda epoksi reçinelerin kimyasal özellikleri, sertleşme süreleri, viskoziteleri ve dayanım süreleri fark gösterdiği için (Tablo 30) hangi ticari markanın (ör.: *Araldit AY 103 + HY 956* (Davison 2009: 110-111; Herold 1990: 127), *Araldit MY 752 + HY 2296* (Kocabaş 1998: 110), *Araldit GY 292 + XD 537* (Kocabaş 1998: 110), *Hysol 2038+3416* (Smith 2003: 98), *Ciba Polymers* (Davison 2006: 35-47), *Ablebond 342-1* (Kocabaş 1998: 110), UV ışınları ile reaksiyona giren *Loctite 305* (Davison 2006: 35-47), *Epo-tek 301* (Coutinho-Ramos vd. 2009: 130-131; Kocabaş 1998: 110) ve *Epo-tek 301-2* (Davison 2006: 35-47)) yapıştırmada kullanıldığı belirtilmektedir; tam şeffaf olduğu kabul edilen ve en az sararan diye düşünülen (Başaran 2000: 90) Araldit 2020[49] en sık kullanılanlarındandır. Hxtal NYL-1 yapıştırıcısının yapılmış deneysel çalışmada (Coutinho-Ramos vd. 2009: 127-133) Araldit 2020 ve Epo-tek 301'den daha geç sarardığı ispatlanmıştır.

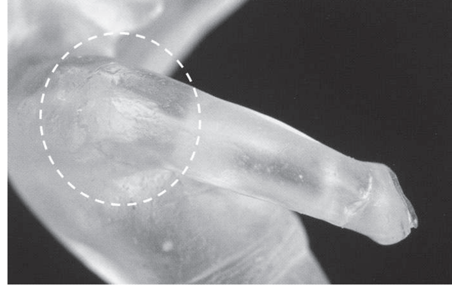
Tablo 30. Camların birleştirilmesinde kullanılan epoksi reçinelerin özellikleri

Yapıştırıcı	Sertleşme süresi (22 °C)	Viskozite (Pa·s)	Dayanım süresi
Hxtal NYL-1	48-96 saat	200-300	< 100 yıl
Epo-tek 301	4-8 saat	100-200	< 50 yıl
Epo-tek 301-2	16-24 saat	300-600	< 100 yıl
Fynebond	24-35 saat	orta karar	< 50 yıl?
Araldit AY 103/HY956	24 saat	140	< 50 yıl?
Araldit 2020	16 saat	130	< 50 yıl?

Su altından ele geçen (Pannell 1990: 47-50; Bass 2003: 250-256) camlarda ve açık hava etkilerine maruz Geç Antik Çağ vitraylarında[50] *Hxtal NYL-1* (Fisher 1992: 6-9) ticari markalı epoksi reçine tercih edilmiştir. Epoksi reçineler gerilme, kopma ve yırtılmalara karşı dayanıklı olduğu söylenmektedir (Kocabaş 1998: 110; Errett 1972: 48-49).

Sertleşmek için ısıya ihtiyaç duyan ve zamanla sararan (Down 1984: 63-76; Augerson-Messinger 1993: 311-314; Tennent 1979: 153-164)

49 Risser 1997: http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms, Nisan 2009
50 Hutton 1997: http://www.almond-glass.com/pages/thesis.html, Aralık 2009



Resim 52. Epoksi reçinenin zamanla sararması

(Resim 52) epoksi reçinelerin tam geri dönüşümü yoktur; temizlenmek istendiğinde klorlu hidrokarbon (*eposolve ciba*) (Kocabaş 1998: 111) ve metilen klorür (Koob 2006: 115) (CH_2Cl_2-diklora metan) ile yapıştırıcı özelliği bozulabilir. Bahsedilen kimyasallar epoksi reçineleri tamamen çözmeyip, sadece yapıştırıcı özelliğini bozarak ayrılmasına imkân sağlar; bu işlemin gerçekleşebilmesi için bekletmenin kapalı ortamda (poşet veya kap içinde) en az 2 saat sürmesi gerekmektedir. Kullanılan epoksi reçinelerin temizlenmesi gerektiğinde, bahsedilen kimyasallarla sadece yapıştırıcı özelliğinin zayıflatılabilmesi ve kullanılacak kimyasalların antik camda kimyasal bozulmalara yol açmasının kaçınılmaz olması, kullanımının ne kadar sakıncalı olduğunu açıkça gösteriyor.

Birleştirmede kullanılabilecek yapıştırıcının; viskozitesi ve gerilimi uygun, tutucu, geri dönüşümlü, şeffaf, atmosferik şartlara (en az 100 yıl) dayanıklı olması, cama zarar vermemesi (camla kimyasal reaksiyona girmemesi), camdaki aktif iyonlar Na ve K ile yer değiştirecek maddeler içermemesi, kolay uygulanması, hızlı sonuç vermesi (yapışması geç/erken olmayan) gerekmektedir. Cam onarımında kullanılan yapıştırıcıların görülme ve artık bırakma oranları son derece önem taşıdığı için günümüzde bu tip yapıştırıcıların etkilerinin gözlemlenmesi için deneyler yapılmaktadır (Scheerer-Abraham vd. 2003: 223-229). Antik Çağ camlarında kullanılacak yapıştırıcılar hakkındaki araştırmaların (Davison 1984: 191-195; Tennent-Townsend 1984: 205-212) deneme sürelerini doldurmadığını söyleyebiliriz; uygulamaların deneme yanılma yöntemiyle gözlemlenmesi yaklaşık yüz yıldır devam etmektedir. Birleştirmede kullanılacak uygun yapıştırıcının karar sürecinin uzunluğu ve cam onarım örneklerinin azlığı nedenleriyle araştırmalar halen sürmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmada tam geri dönüşümlü olmamasına rağmen cam onarımında çeşitli yapıştırıcıların denendiği ve bunların bazılarının halen kullanılmakta olduğu görülmüştür; ancak her birinin kullanım ömürlerinin kısa oluşu ve zaman içerisinde renk değiştirmesi (bazıları deneme aşamasını halen

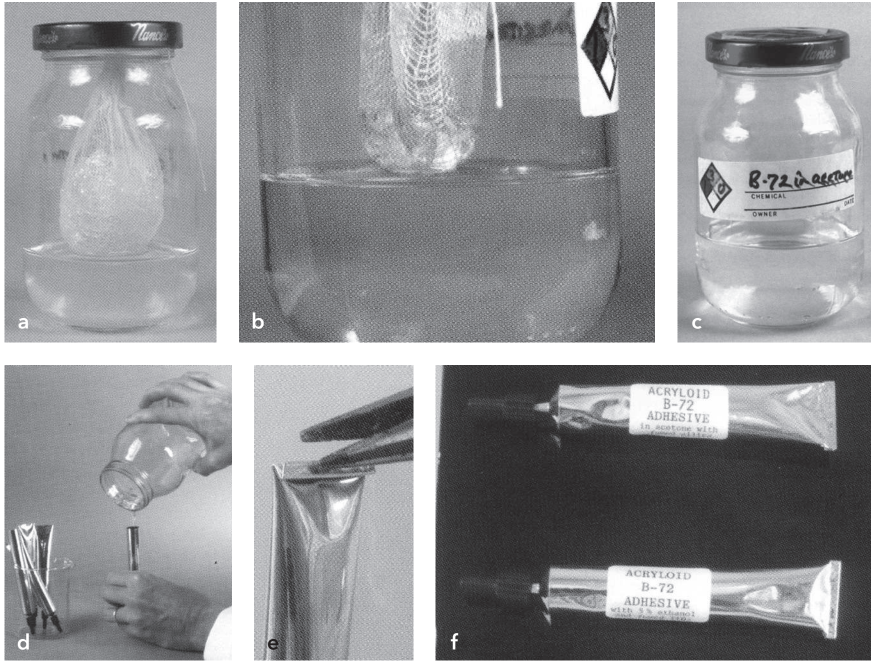
tamamlamamış) gibi olumsuzlukları bilinmektedir. Bu olumsuzluklar haricinde, geri dönüşümlü olmayan ve deneme sürecindeki yapıştırıcıların kullanılması zamanla bazı problemlere yol açacaktır. Böyle bir durumda karşılaşılacak problemlerin başında yapıştırıcının renk değiştirmesi gelmektedir; tam geri dönüşümlü olmayan yapıştırıcı geri alınmak istendiğinde, buluntu, kimyasal çözücülerin farklı sürelerde olumsuz etkilerine maruz kalacaktır. Yapıştırıcının geri alınması amacıyla kullanılan kimyasalların tam geri dönüşümü sağlamaması durumunda da cidarlarda kalan artıkların mekanik temizlikle alınması, fiziksel tahribata neden olacaktır. Toprak altında kimyasal çözünmeye uğramış camların kimyasal çözücülere maruz bırakılması da bozulma sürecini hızlandıracaktır.

Geri dönüşümlü, dayanıklı ve farklı çözücülerle çözülebilen (Chapman-Mason 2003: 386) bir yapıştırıcı olan Paraloid B-72 (Koob 2006: 47; Koob 2009: 113-119),[51] antik cam buluntuların birleştirilmesinde kullanılabilmektedir. Paraloid B-72'nin, hızlı buharlaştığında hava kabarcıkları oluşturması ve hazırlanmasının her uygulamaya göre ayrı olduğu için uzun sürmesi gibi dezavantajları vardır. Paraloid B-72, kullanım ortamına (ortam ısısı) ve amacına uygun hazırlanmak zorundadır. Paraloid B-72'nin farklı amaçlarda kullanılmak üzere standart bir ön hazırlık süreci vardır, bu hazırlık doğru ve titiz bir çalışmayla gerçekleştirildiğinde ikincil hazırlıklar daha kolay ve doğru gerçekleşecektir. "*Ön hazırlık 150-200 ml.lik metal kapaklı bir cam kavanozda 50 gr saf aseton içerisine önemsiz bir bulanma yaratacak olan 0,5 gr hidrofobik silikanın (aerosil)*[52] *konulması ve kapatılarak karıştırılmasıyla başlar. Önceden kesilerek hazırlanan 15 cm*^{2}*'lik sargı bezine katı (boncuk) haldeki Paraloid B-72'den 25 gr (50 gr saf asetonda çözünebilecek en yüksek Paraloid B-72 miktarı) konulup, yumurta formlu bir bohça haline getirilen sargı bezi bağlanarak kavanoza sarkıtılır* (Resim 53.a)*; bohça saf aseton içine daldırılmayacak (sadece alt ucundan değecek) şekilde uzun bırakılan bağlama ipleriyle kavanozun dışına sabitlenir. 12-16 saatte gerçekleşecek çözünmenin sonunda* (Resim 53.b) *kaliteli bir yapıştırıcı elde etmek için kavanozun sarsılmamasına dikkat edilmelidir. Elde edilen bu karışım yapıştırıcı olarak kullanım için ince olduğundan, saf asetonun kontrollü bir*

51 Genellikle tek çözücü ile kullanılan Paraloid B-72'nin iki çözücünün karıştırılmasıyla kullanımı için bk.: Griffiths-Feuerbach 2001: 125-136.

52 Aerosil; ham maddesi, camın, kumun, kuvarsın da özünü teşkil eden SiO_2'dir. Sıvı sistemlerin koyulaştırılması ve yapı değişikliği meydana getirerek, viskozitenin ayarlanmasını sağlamaktadır.

şekille buharlaşması sağlanarak kalınlaştırılmalıdır; kapağı açılarak belirli aralıklarla tartılan kavanozdaki çözeltinin, 2-3 saatte kalınlaştığı fark edilecektir; başlangıçta toplam 75 gr olan Paraloid B-72 karışımının, saf asetonun buharlaştırılmasıyla 55-60 gr a düşürülmesi, cam parçalarının yapıştırılmasında ideal kalınlık olarak kabul edilmektedir. Çözeltinin 55-60 gr a düşürülmesinden sonra tekrar kapatılan kavanoz, buharlaşma sırasında çözelti yüzeyinde oluşan kabuk tekrar eriyene kadar döndürülür ve ½ ile 1 saat arası dinlendirilir (Resim 53.c)*; döndürme sırasında oluşan hava kabarcıkları dinlendirme sürecinde yüzeye çıkacaktır; Paraloid B-72'nin aerosili bünyesine alması sonucunda berraklaşan yapıştırıcı, zaman kaybetmeden alüminyum tüplere doldurulmalıdır* (Resim 53.d). *Doldurma işlemi sırasında saf aseton buharlaşmaya devam ederek çözeltinin oranını değiştireceğinden aynı oranlarda daha fazla çözeltinin hazırlanması, gereken boşaltma zamanı olmayacağından yanlış bir uygulamadır. Seri bir şekilde doldurulan tüplerde, kapatılırken kıvrılacak kadar pay bırakılmalı, dolum sonrasında hemen ince uçlu cımbızla sıkıştırılarak kapatılmalıdır* (Resim 53.e). *Doldurma sırasında kavanoz içerisinde kabuk oluşumu görüldüğünde, kapağın kapatılıp döndürülerek tekrar çözünmesi sağlanmalı; doldurulan tüplere, içeriği ve tarihi yazılı etiketler yapıştırılmalıdır* (Resim 53.f)*; kapağı açılmayan tüpler 1 yıl saklanabilir*" (Koob 2006: 50-52). "*Hazırlanmış olan bu Paraloid B-72 yapıştırıcısı 20-24 °C derecelik ortamlarda kullanılmaya uygundur; 24-30 °C derecede kullanılacaksa çözücünün %10'u, 30-38 °C derecede kullanılacaksa çözücünün %20'si etil alkol olmalıdır. Bu oranın ön hazırlık aşamasında yapılmayıp sonradan karışıma ilave edilmesi gerekmektedir; ön hazırlığı tamamlanan ve elimizde hazır bulunan Paraloid B-72 yapıştırıcısı içinde 30 gr saf aseton bulunmaktadır (buharlaştırılan saf asetondan sonra kalan 55 gr çözeltinin 25 gramı Paraloid B-72 olduğu için); saf asetonun %10'unu etil alkolle değiştirmek için kapağı açık olarak hassas terazi üzerine konulan kavanoz ağırlığının 3 gr düşmesi beklenmeli (buharlaşacak saf aseton) ve yerine 3 gr etil alkol ilave edilmelidir; çözücünün %20'si etil alkolle değiştirilmesi gerektiğinde (30-38 °C derecede kullanılacaksa), bu kez aynı şekilde 6 gr buharlaştırılan saf aseton yerine 6 gr etil alkol konur. Bu işlemlerden sonra kapatılan kavanozda oluşan kabuklaşma kavanoz döndürülerek giderildikten sonra Paraloid B-72 1 saat dinlendirilerek tüplere doldurulur ve tüpler etiketlenir. Paraloid B-72 ve çözücüyle kullanılan diğer yapıştırıcıların 38 °C derecenin ve %60 bağıl nemin üstündeki ortamlarda kullanılması mümkün değildir*" (Koob 2006: 54-55).



Resim 53. Paraloid B-72 çözeltisinin hazırlanma aşamaları

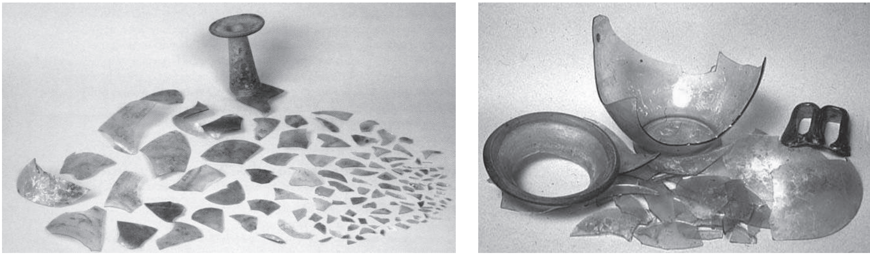
Birden çok çözücüyle kolayca ve tamamen geri dönüşümü sağlanabilen Paraloid B-72, camla kimyasal reaksiyona girmeyerek yapısal uyum göstermektedir. Hazırlanma aşamasında viskozitesi uzman bir kişi tarafından çalışma ortamının ısısına ve birleştirilecek camın durumuna göre ayarlanabilen Paraloid B-72, hızlı sertleşme süresine sahiptir. Camın bulundurulacağı uygun ortamdaki nem ve ısıya dayanıklı Paraloid B-72, zamanla renk değişimi göstermez ve yapıştırıcı özelliğini korur. Bu çalışma kapsamında yapılan kaynak araştırması ve cam onarımı örneklerinin incelenmesi sonucunda Paraloid B-72'nin, toprak altı cam buluntularının birleştirilmesinde kullanılan yapıştırıcılar arasında en uygunu olacağı görüşü ortaya çıkmaktadır. Büyük boyutlu cam buluntuların birleştirilmesinde Paraloid B-72'nin taşıma kapasitesinin yetersiz kalacağı düşüncesiyle epoksi reçine kullanımının tercih edildiği görülmektedir. Aslında cam malzemeye her açıdan uygun Paraloid B-72'nin taşıma kuvvetinin yeterliliği yakın zamanda (Koob 2009: 119) ispatlanmıştır.

Buluntuların hangilerinin birleştirileceğinin doğru seçimi en önemli konudur. Aksi takdirde her cam parçasının birleştirilmeye çalışıldıktan sonra form oluşturmadığı anlaşılıp yapıştırma işleminin yarıda kalması

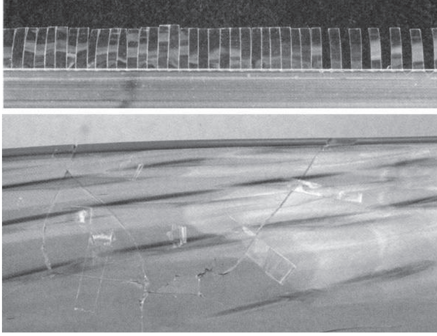
ileride kalıcı tahribata yol açacaktır. Bu nedenle cam parçalarının önce ait oldukları kaplara göre ayrılarak tasnif edildikten sonra ancak bu parçalar bir cam eserin üçte ikisini oluşturuyorsa birleştirme aşamasına geçilmesi uygun olacaktır. Önceden temizlenerek hazırlanmış parçaların doğrudan yapıştırılması cam onarımında kabul edilemeyecek büyük bir hatadır. Bu nedenle geçici bantlarla bir araya getirilen parçalarla camın statiği değerlendirilerek yapıştırıcı uygulamasının yapılıp yapılamayacağı kararlaştırılmalıdır. Değerlendirme sonucunda cama yapıştırıcı uygulanmayacaksa bantların tamamı özenle temizlenmelidir. Vitrinde sergilenmeye değer görülen buluntuların birleştirilmesi, sergilenmeyeceklerin ise temizlik sonrasında parça halinde depolanması uygun olacaktır. Antik camlarda kullanılabilecek yapıştırıcıların günümüzde halen araştırılmaya devam edildiği ve parça halinde depolamanın kolaylığı düşüldüğünde, cam parçalarının temizlikleri tamamlandıktan sonra uygun ortam koşullarında mevcut durumlarında koruma altına alınmaları daha doğrudur.

Temizliği yeterli olmayan parçalar birleştirilemeyeceğinden her parçanın yüzey ve cidarları kontrol edilmelidir; cidarlar, yapıştırıcının yüzeye homojen şekilde yayılmasını ve yapışmayı engelleyecek maddelerden (su, etil alkol gibi) arındırılmış, temiz ve kuru olmalıdır (Davison 2006: 278). Temizlik sonrasında parçaların tam kuruması için yapıştırma öncesinde yeteri kadar beklenmelidir. Kuruyan parçaların temiz ve pürüzsüz bir düzleme, ağız, gövde ve dip parçaları ayrılarak ait oldukları cam kabın formunu oluşturacak düzende dizilmesi birleştirme aşamasını kolaylaştıracaktır (Resim 54) (Cronyn 2002: 138).

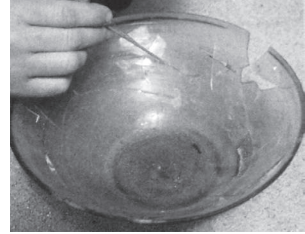
Birleştirme aşamasında, eldivensiz çalışmak esere ve uygulamaya zarar verebileceğinden steril eldiven kullanılmalıdır. Çalışmanın hazırlık ve uygulama aşamaları fotoğraflanmalıdır. Tasniflenen parçalar kabın formuna (açık/kapalı ağızlı) göre düzleme oturan dip veya ağız parçala-



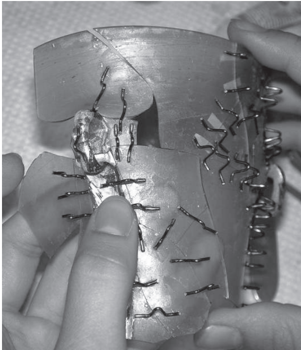
Resim 54. Birleştirme öncesinde cam parçalarının dizilmesi


Resim 55. Bandın ince şeritler halinde hazırlanması ve kullanımı

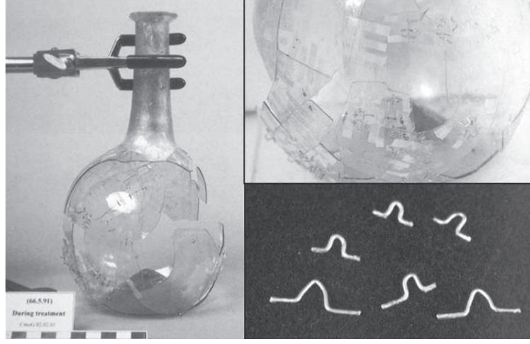
rından birleştirilmeye başlanmalıdır. Birleştirmenin doğrudan yapıştırıcıyla yapılması mümkün olamadığı için ön birleştirme şeffaf bantla yapılmalıdır. Ağır demir bir bantlığa yerleştirilerek sabit kalması sağlanan banttan kesilen şeritler dörtgen cam bir plaka üzerine yapıştırılarak (bisturi veya maket bıçağı yardımıyla) 0.3-0.5 cm genişlikte ince şeritlere ayrılır (Koob 2006: 59) (Resim 55). Bu ince şerit bantlar, hem yapıştırma sürecine kadar cam parçalarının geçici bir süre birbirine tutunmasını, hem de parçaların denenmesi ve gerektiğinde çıkartılabilmesi için gerekli esnekliği sağlayacaktır. Birleştirmede kullanılan ince şerit haline getirilmiş bantların parçaların birbirini tutmasını sağlayacak aralıkta yapıştırılması yeterli olacaktır (Resim 55).


Resim 56. Gereğinden büyük bantlarla hatalı birleştirmeler

Şerit bandın denk geldiği yere, yapıştırıcı uygulaması sırasında, yapıştırıcı giremeyeceği için bantların yerleri değiştirilerek, yapıştırıcının her yere ulaşması sağlanabilir. Birleştirme işleminde gereğinden daha geniş bantların kullanılması (Resim 56), camın kırıklarından yeterli yapıştırıcının girmemesine ve uygulamanın başarısız olmasına neden olacaktır.


Resim 57. Omega profilli tellerle birleştirme

Yapıştırıcı uygulamasının bant yerleri değiştirilmeden tek seferde yapılabileceği bir birleştirme uygulamasında; ince bantlarla bir araya getirilen cam parçalarındaki bantlar, omega (Ω) profilli tellerle değiştirilir (Koob 2006: 60; Davison 2006: 276)



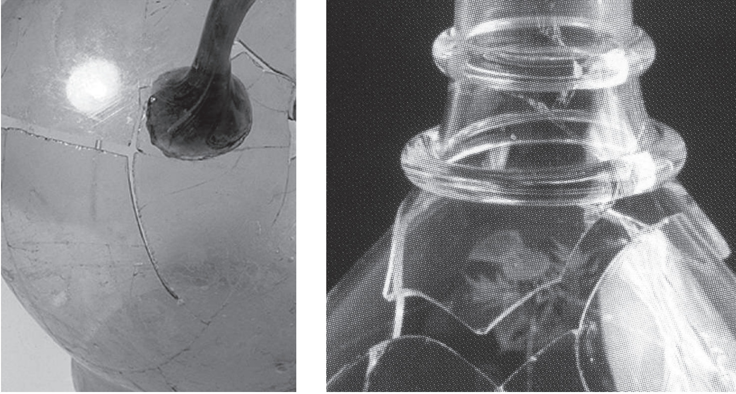
Resim 58. Omega profilli tellerle cam parçalarına birleştirme uygulaması

(Resim 57, 58). Cam parçaların birleşimlerine, ince ve yumuşak metal tellerin ortalarındaki kavisler denk getirilerek her iki ucundan ince şerit bantlarla tutturulduğunda, yapıştırıcı uygulaması için tüm kırık hatları açık kalmış olacaktır (Resim 59).



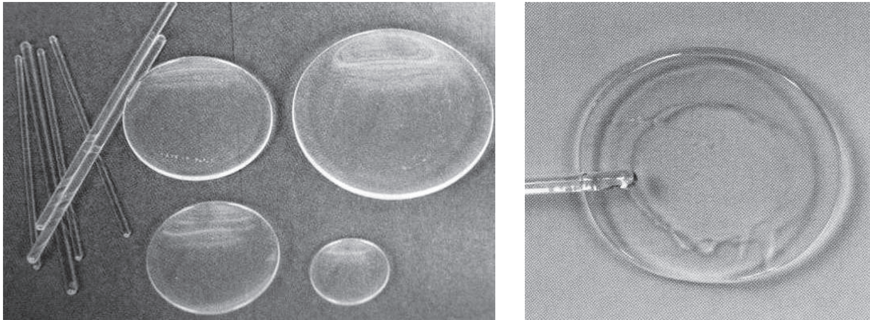
Resim 59. Cam parçalarının şerit bant ve omega profilli tellerle birleştirilmesi

Cam parçalarının yapıştırıcısız olarak ön bileştirilmesindeki tam ve doğru dizilim en önemli aşamalardandır. Camların milimetre kalınlığındaki cidarları uygulamanın hassaslığını kanıtlamaktadır. Şerit bant veya omega şeklinde telle birleştirmenin büyüteçli masa lambası altında yapılması hata payını düşürecektir. Bu aşamada çok hafif kaydırılan bir cam parçası kabın tamamlanmasına yakın son parçaların yerine oturmamasına ve aralarında büyük açıklıkların kalmasına neden olabilir (Resim 60); zamanında fark edilmeyen böyle bir hata, yapılan yapıştırmanın son aşamada tamamen geri alınmasını gerektirecektir.



Resim 60. Parçaların birleştirilmesinde yapılan hatalar sonucu boşluk kalması

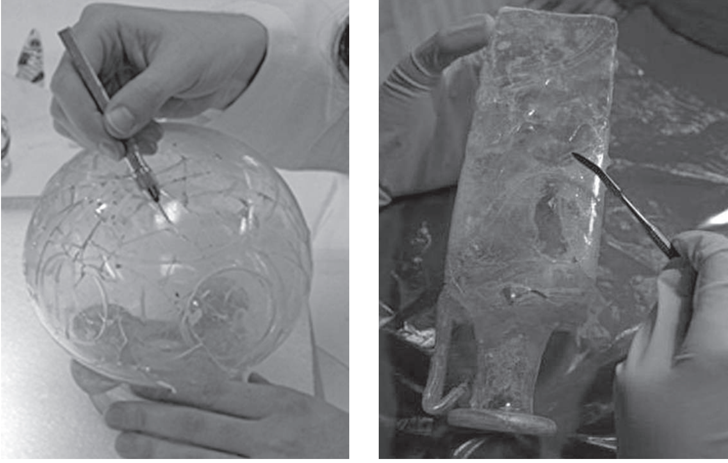
İnce şerit bant veya omega şeklinde tellerle bir araya getirilen cam parçalarının birleştirilmesinde en uygun yapıştırıcı, yukarıda da değinildiği gibi antik camın kimyasına ve üretimine uygun ve geri dönüşümlü olan Paraloid B-72 olacaktır. Hızlı buharlaşma ve olası hava kabarcıkları nedenleriyle parçaların arasına tam olarak sızamayabileceği ihtimaline karşın, Paraloid B-72'nin kesinlikle sıcaklık ve nem açısından uygun laboratuvar ortamında uzman kişilerce kullanılması hata olasılığını ortadan kaldıracaktır. Paraloid B-72 buharlaşması azaltılarak (Koob 2006: 65)[53] ve inceltilerek bantlı birleştirme sonrasında yapıştırıcı olarak kullanılabilmektedir. Cam buluntuların birleştirmesinde, asıl tercih edilmesi gereken Paraloid B-72 yerine, kullanım kolaylığı nedeniyle, ne yazık ki çoğunlukla geri dönüşümsüz epoksi reçineler uygulanmaktadır.



Resim 61. Epoksi reçinelerin hazırlandığı yassı camlar ve karıştırma çubukları

53 Paraloid B-72 çözücülerden uçuculuğu daha yavaş tolüen içinde doğrudan hazırlanabildiği gibi %75 tolüen + %25 aseton çözeltisi içinde de hazırlanabilir.

Birleştirmede epoksi reçine kullanımı, günümüzde halen koruma onarım eğitiminde doğru bir uygulama gibi anlatılmaktadır: Yassı cam kaplarda (Resim 61) hazırlanan epoksi reçine, parçaların arasına daha kolay sızabilmesi ve akışkanlığı sağlanması için sıcak lamba altında bekletilir; daha sonra bir ıspatula yardımıyla parçalar arasına sızdırma yoluyla uygulanır (Resim 62).



Resim 62. Parçaların birleşim yerlerine yapıştırıcı uygulaması

Geri dönüşümsüz epoksi reçinenin yapıştırma sırasında yüzeye bulaşmasını önlemek amacıyla cam yüzeyinin suyla çözünen lak F86, vazelin ve sabun gibi maddelerle kaplanması (Başaran 2000: 91) gibi değişik uygulamalardan bahsedilmiştir. Bunun yerine tüm yapıştırma işlemlerinde temiz ve dikkatli olunması, cam yüzeyine hiç yapıştırıcı bulaştırmamak en doğrusudur; ayrıca yapıştırıcı doğrudan buluntuya bulaşmasın diye yapılan yüzey kaplamalarının eserde yaratabileceği kimyasal çözünme unutulmamalıdır. Yapıştırıcının ortamın ısısına göre değişen sertleşme süresi, normal oda sıcaklığında 1 gündür (Karayannidou-Achikias 2006: 3319). Epoksi reçine ile birleştirilmiş eserin, yapıştırıcının sertleşme süresinin kısaltılması için, UV ışınlı lamba altında bekletilmesi (Başaran 2000: 91) hatalı bir uygulamadır. Ayrıca epoksi reçine ile birleştirilmiş eserlerin, uzun sertleşme sürecinde parçaların kayabileceği ve dışa sızan dönüşümsüz yapıştırıcının zamanında saf aseton gibi çözücüler yardımıyla temizlenmesi için devamlı gözetim altında tutulması gereklidir.

Her yapıştırıcı uygulamasının ve sertleşmesinin ardından, ince şerit bant ve omega tel gibi destekleyiciler yüzeyden alınır; bant kalıntıları etil alkolle silinen cam eser, formunu kazanmış ve tek bir parça haline getirilmiş olur (Resim 63).



Resim 63. Birleştirme öncesi ve sonrası

Antik cam parçalarının, form oluşturmadığı için yarıda bırakılan birleştirme çalışmaları ileride kalıcı fiziksel bozulmalara yol açacaktır. Parçalar, ait oldukları kaplara göre tasniflenmeli, kabın üçte ikisini oluşturuyorsa birleştirme aşamasına geçilmelidir; aksi takdirde uygulamanın temizleme aşamasında durdurulması en doğrusudur. Parçaların doğrudan yapıştırılması cam onarımında kabul edilemeyecek büyük bir hatadır. İnce şerit bantlarla bir araya getirilen camın statiği ve fiziksel özellikleri değerlendirilerek uygulamanın devamı kararlaştırılmalı, yapıştırıcı uygulanmayacaksa bantların tamamı özenle temizlenmelidir. Şerit bant veya omega telle birleştirmenin büyüteçli düzenek altında yapılması, camların laboratuvar ortamında ısıya maruz kalarak bozulma sürecinin hızlanmaması için fiber optik ışık kaynağı kullanılması en doğrusudur. Vitrinde sergilenmeye değer görülen camların birleştirilmesi, sergilenmeyeceklerin ise temizlik sonrasında parça halinde depolanması; uygun yapıştırıcıların halen araştırılmaya devam edildiği ve parça halinde depolamanın kolaylığı düşüldüğünde, temizlik tamamlandıktan sonra ısı ve nem gibi faktörleri ayarlanan ortamlarda korunmaları doğru olacaktır.

Birleştirmede kullanılacak yapıştırıcının, antik camların viskozitesi ve gerilimine uygun, tutucu, geri dönüşümlü, şeffaf, atmosferik şartlara dayanıklı olması, camla kimyasal reaksiyona girmemesi, kolay uygulanması, hızlı sonuç vermesi gerekir. Bu çalışma kapsamında yapılan araş-

tırmada, cam buluntuların birleştirilmesinde kullanım ömürleri kısa ve zamanla renk değiştiren geri dönüşümsüz yapıştırıcıların denendiği ve bazılarının halen kullanıldığı görülmüştür. Birleştirmede kullanılan deneme sürecindeki geri dönüşümsüz yapıştırıcılar, geri alınmak istendiğinde, antik camlar kimyasal çözücülerin olumsuz etkilerine de maruz kalır. Birden çok çözücüyle kolayca ve tamamen geri dönüşümü sağlanabilen Paraloid B-72, camla kimyasal reaksiyona girmeyerek yapısal uyum göstermekte, hazırlama aşamasında viskozitesi uzman kişi tarafından çalışma ortamının ısısına ve birleştirilecek buluntunun durumuna göre ayarlanabilmekte ve hızlı sertleşme süresine sahiptir. Cam eserin uygun saklama koşullarına dayanıklı Paraloid B-72'de bugüne kadar renk değişimi de saptanmamıştır. Cam parçalarının nasıl ve hangi yapıştırıcıyla birleştirileceğinin, eserlerin korunmasında son derece önemli olduğu uygulama sürecinde unutulmamalıdır.

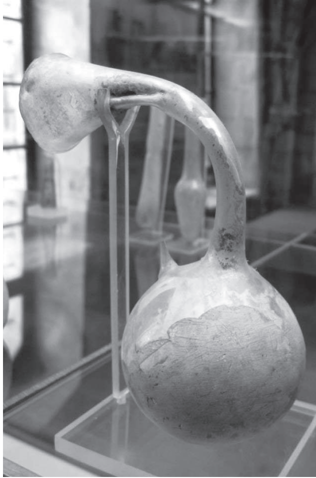
3.4. Tümleme Uygulamaları

Günümüzde cam onarımında tümlemenin statik ve estetik olmak üzere iki gerekçesinin olduğu kabul edilmektedir (Koob 2006: 75). Cam onarımında statik gerekçeler önem taşıyabilse de estetik amaçla bir tümleme etik açıdan kabul edilemez. Özellikle üfleme tekniğinde üretilen ince cidarlı antik camların tümlenmesi risk taşımaktadır. Ayrıca camların üretimleri ve kimyası açısından tümlemede kullanılan malzemelerin uyumluluğu tartışma konusudur. Bu nedenlerle birleştirilmesi tamamlanan ve statik bir problemi olmayan buluntuların bu aşamada mevcut durumuyla sergilenmesi daha doğru olacaktır. Özellikle yüzey bozulması ve kaybı görülen camlardaki eksiklik bütünlüğü ve dengeyi bozmuyorsa tümlemeden kaçınılmalıdır. Ender rastlanan bir formun denge probleminden dolayı ayakta duramadığı durumlarda tümleme gerekebilir. Müze vitrininde sergilenecek buluntuların statik açıdan önemsiz eksikliklerinin görsel bütünlük amacıyla tümlenmesi bazen uygulansa da; gelişen olanak ve hızla artan teknolojik imkânlar nedeniyle bu tip uygulamalardan kaçınmak koruma açısından daha doğrudur. Sergilemede cam buluntunun formuna uygun şekilde oluşturulacak iç ve dış desteklerle de (Resim 64) görsel bir bütünlük sağlanabilir. Ayakta durabilen ve benzeri mevcut buluntunun tümlenmesinin gerekliliğine uzman(lar) karar vermelidir. Tümlemede de uygulama öncesi ve aşamalar ölçekli ve detaylı fotoğraflanmalıdır.



Resim 64. İç ve dış desteklerle sergileme

Tümlemenin yapılacağı laboratuvarda; hassas terazi, ayakta duramayan eserler için taşıyıcı kollar, büyüteçli, normal masa ve UV lambaları (tabanlarından masaya sabitlenen ve gövdelerinden hareket kabiliyeti olan), cam, metal ve ahşap çubuklar, pamuklu çubuk, cımbız, düz ve kaşık uçlu küçük ıspatulalar, dolgu malzemesinin hazırlanacağı cam kaplar, çözücüler, döküm için pipet, enjektör, saf aseton, eldiven, organik kıllı ince fırçalar, renk oksitler, kalıp ve dolgu malzemelerinin bulundurulması gerekmektedir. Kalıp malzemesi olarak dişçi mumu, plasterin, balon ve silikon (*Silastic E RTV* (Risser 1997: ba), *RTV-M 589* (Herold 1990: 130), *polimer 435T-T914* (Herold 1990: 130)) kullanılabilmektedir. Dolgu malzemesi olarak da alçı, yapıştırıcılarla (polivinil asetat, epoksi reçine gibi) sertleştirilmiş Japon kâğıdı, PP (polipropilen) ve epoksi reçinelerin kullanıldığı görülmektedir.



Resim 65. Hanya Arkeoloji Müzesi'nden alçıyla tümlenmiş cam eser

Daha çok erken tarihli onarımlarda cam buluntuların seramik gibi alçıyla tümlendiği görülmektedir (Resim 65) (Davison 2009: 108, Resim 2; Martinez-Pasies

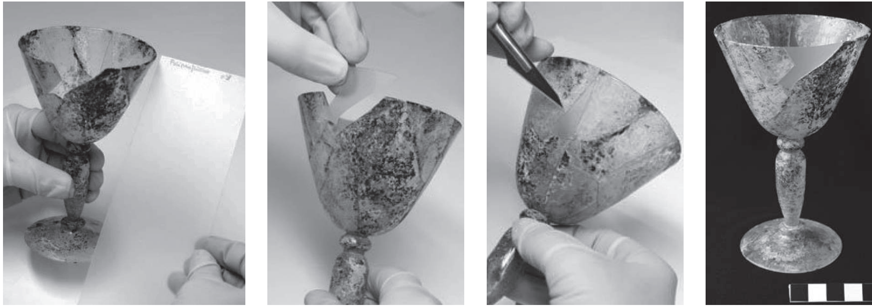
vd. 2011: 45-46). Seramik tümlemede uygun dolgu malzemesi olarak görülen alçı, cam buluntular için günümüzde özellikle şeffaf olmaması sebebiyle tercih edilmemektedir.

Japon kâğıdının da ince cam buluntuların tümlenmesinde kullanıldığı görülmektedir. Kâğıt cama malzeme açısından uygun olmadığından polivinil asetat ve epoksi reçinelerle kuvvetlendirilerek kullanılmaktadır (Resim 66) (Fontaine 1999: 205-206; Berengue-Barrero vd. 2012: 288). Bu tip bir tümleme Sardeis kazısında ele geçen bir cam buluntuda, %20 'lik polivinil asetat çözeltisiyle sertleştirilen Japon kâğıdıyla uygulanmıştır (Majewski 1973: 99-100). Japon kâğıdıyla tümleme opak cam buluntularda uygun olmasına karşın şeffaf camlarda görüntü bozukluğuna sebep olmaktadır.



Resim 66. Japon kâğıdıyla tümleme örnekleri

Özellikle buluntunun desteklenmesi ve görsel bütünlüğünün sağlanması amacıyla yapılan küçük boşlukların tümlenmesinde propilen (PP) kâğıtların kullanımı da (Resim 67) denenmiştir (Martinez-Pasies



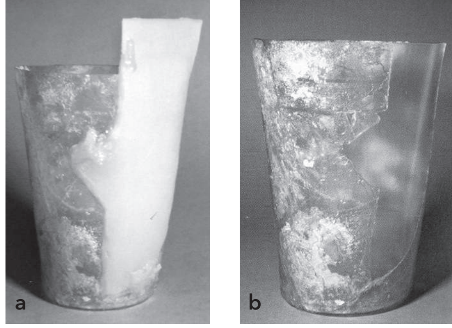
Resim 67. PP (polipropilen) kâğıtla tümleme uygulaması.

vd. 2011: 49-51). PP kâğıtla birden çok yöne kavis verilemeyeceğinden, dik gövdeli kapların tümlenmesinde tercih edilmesi uygundur. Resim 67'deki gibi buluntunun görünümüne göre seçilebilen PP kâğıt, eksik kısma uygun şekilde kesilip, Paraloid B-72 yardımıyla yapıştırılmış ve tümleme tamamlanmıştır.

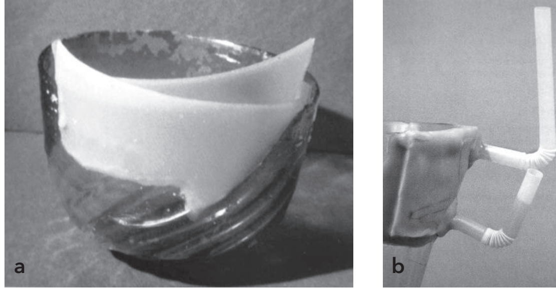
Tümleme malzemesi olarak kullanılan polyester (*GTS* (Martinez-Pasies vd. 2011: 46) ve akriliklere (Errett 1972: 48-49; *Teknovit 4000* (Martinez-Pasies vd. 2011: 46), *Teknovit 4004A* (Jackson 1983: 44-47; Başaran 2000: 99), *Teknovit 8004* (Kocabaş 1998: 110; Başaran 2000: 99), *Plastogen G* ve *Plastogen H* (Koob 2006: 100; Başaran 2000: 98)) göre epoksi reçinelerin (*Araldit E* (Herold 1990: 131), *Araldit AY 103/HY 956* (Herold 1990: 132; Başaran 2000: 98), *Araldit 2020* (Başaran 2000: 98), *Hxtal NYL-1* (Coutinho-Ramos vd. 2009: 127-133; Fisher 1992: 6-9; Kocabaş 1998: 110; Herold 1990: 131; Başaran 2000: 99), *Epo-tek 301* (Coutinho-Ramos vd. 2009: 127-133; Koob 2006: 100), *Epo-tek 301-2* (Koob 2006: 100) daha uygun olduğu kabul edilmektedir (Koob 2006: 76). Epoksi reçineler şeffaf, renklendirilebilir, akışkan, kolay işlenebilir ve dış etkenlere dayanıklı malzemelerdir. Ancak zamanla renk değişimi görülmektedir (Sale 2011: ba.; Totelin-Calonne 2011: ba.; Koob 2006: 49; Coutinho-Ramos vd. 2009: 127-133; Augerson-Messinger 1993: 311-314; Down 1984: 63-76).

Tümlemede dikkat edilmesi gereken ilk aşama kalıp malzemesi ile modellemedir. Kalıp malzemesi ve kalıp alma tekniği tümlenecek eserin formuna, döküm yapılacak yerin şekline ve ebadına göre belirlenmelidir. Eksik kısmın tümlenmesi doğrudan döküm veya parça döküm şeklinde yapılabilir. Doğrudan döküm tümleme tekniği, eserin eksik kısmında oluşturulan kalıba, dolgu malzemesinin dökülmesidir. Parça döküm tekniği ise, eserin eksik kısmına göre yapılan modelden alınan kalıba dolgu malzemesinin dökülerek üretilen parçanın esere sonradan yapıştırılmasıdır.

Doğrudan döküm tümleme tekniğinde, tek veya çift taraflı açık kalıp, kanallı kapalı kalıp ve iç/balon kalıp kullanılmaktadır. Eksik yerin devamındaki sağlam kısmın iç veya dış yüzeyinden (Resim 68) dişçi mumuyla alınan tek taraflı açık kalıp, eksik kısma yerleştirilip, kalıba dolgu malzemesi dökülerek tümlenmektedir (Koob 2006: 81; Başaran 2000: 93). Geniş ağızlı kaplarda eksik yerin devamındaki mevcut kısmın iç ve dış yüzeyinden alınan çift taraflı açık kalıpla (Koob 2006: 92) (iç ve dıştaki) döküm ağzı yaratılarak tümleme yapılmaktadır (Resim 69.a).

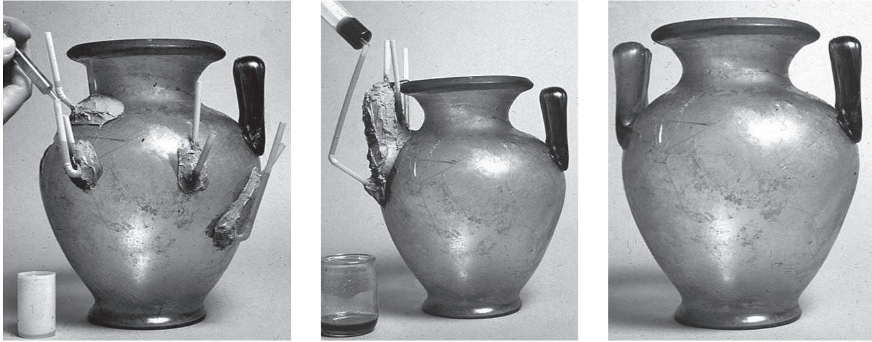


Resim 68. Epoksi reçine ile tümleme



Resim 69. a) Çift taraflı kalıp yöntemi; b) Kanallı kapalı kalıp yöntemi

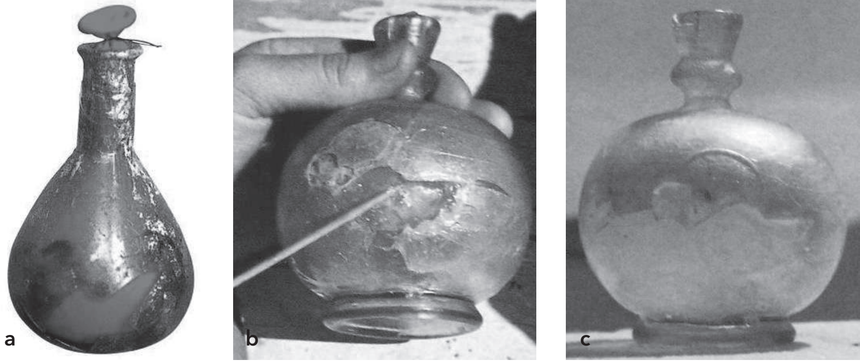
Tümleme yapılacak kısım profilli bir ağız kenarı veya gövdeden bir parça olduğunda kanallı kapalı kalıp yöntemi kullanılmaktadır (Koob 2006: 93-94; Başaran 2000: 94-95; Davison 2006: 286-292). Kanallı kapalı kalıp yönteminde kalıp içten ve dıştan kapalı olduğundan tümleme malzemesinin girişi ile havanın çıkışı için iki kanal (pipet) oluşturulmakta (Resim 69.b); kanalın birinden enjektör yardımıyla tümleme malzemesi akıtılırken diğerinden havanın çıkışı sağlanmaktadır (Resim



Resim 70. Kanallı kalıp yöntemi ile tümleme

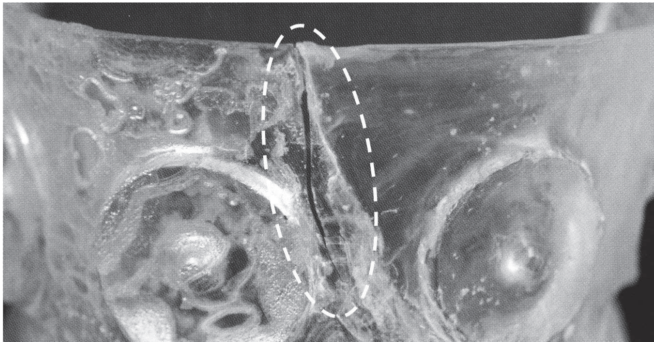
70). Bu uygulamada hava kanalında dolgu malzemesinin görülmesiyle kalıbın yeteri kadar doldurulduğu anlaşılabilmektedir.

Dar ağızlı kapların gövdelerindeki eksiklerin tümlenmesinde kullanılan iç/balon kalıp yönteminde (Koob 2006: 85; Başaran 2000: 93) (Resim 71), kabın içinde şişirilen balon iç formu aldığında bağlanır. Kalıbın kabın formuna tam oturmaması (Resim 71.a), içten tek yönlü olması nedeniyle dolgu malzemesinin cama fazla bulaşma ihtimali (Resim 71.b) ve sertleşen dolgu malzemesinin taş frezelerle düzeltilme gerekliliği (Resim 71.c) gibi olumsuz yönleri bulunmaktadır.



Resim 71. Balon kalıp yöntemi

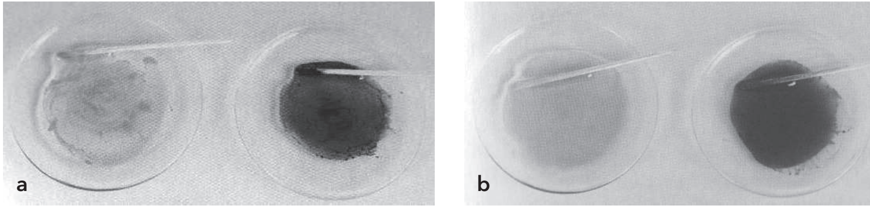
Cam buluntuların tümlenmesinde çoğunlukla doğrudan döküm tekniklerinin kullanılmasına karşın, dolgu malzemesi olarak kullanılan geri dönüşümsüz epoksi reçineler dayanım ve çekme gücünün fazlalığından camı fiziksel olarak zayıf bir yerinden kopartabilmektedir (Resim 72) (Koob 2006: 49; Fontaine 1999: 204, Resim 2b). Tümlenmesinde sık


Resim 72. Doğrudan döküm tekniğiyle yapılmış epoksi reçine tümleme

kullanılan ve problemlere neden olan doğrudan döküm tekniğindense, parça döküm tekniği daha uygundur.

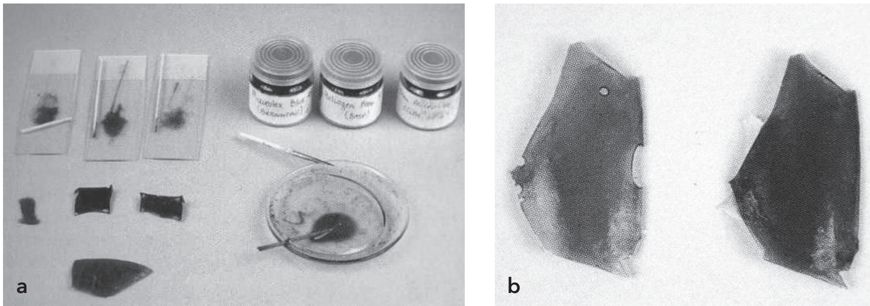
Parça döküm tekniğinde; eksik kısmın alçıyla tümlenmesiyle oluşturulan çekirdeğin, silikonla alınan kalıbına dökülen epoksi reçine parça yapıştırılır. Tümlenecek buluntu sonradan tekrar sökülerek döküm parçayla bir daha birleştirileceği için sadece tam geri dönüşümlü Paraloid B-72 kullanılarak birleştirilmek zorundadır. Antik cam buluntular için en uygunu olan bu tümleme tekniğinde, eksikliğin yeri, boyutu, sayısı ve eserin formu göz önünde bulundurularak koruma onarım uzmanının uygulama şeklini belirlemesi gerekmektedir. Uygulama şeklinin her ne kadar seçilmesi gerekse de tüm uygulamalarda değişmeyen ve dikkat edilmesi gereken sabit kurallar vardır. Bunların ilki alçıdan yapılan kalıp çekirdeğinin düzeltilip perdahlandıktan sonra sağlamlaştırılmasıdır. Alçı parçalara, daha önce anlattığımız gibi hazırlanan Paraloid B-72 çözeltisinden %15 ve %85 saf aseton karışımıyla oluşturulan solüsyon emdirilmeli ve kurutulmalıdır. Birleştirilmiş parçalar ile alçı parçaların birleşim yerlerine saf aseton uygulanarak tekrar ayrılmalarının sağlanması gerekmektedir (Koob 2006: 97). Ayrılan parçalar, alçı ve Paraloid B-72 artıklarından saf aseton ve etil alkol yardımıyla temizlenerek kurumaya bırakılır. Ayrılan alçı parçalarının sağlamlaştırılmasına devam etmek ve üzerinde camsı pürüzsüz bir tabaka oluşturmak gerekmektedir. Bu aşamada alçı parçanın tüm dış yüzeyi şeffaf akrilik sprey vernikle (ör.: *Krylon Crystal Clear*) (Koob 2006: 97) kaplanabilir. Her katı arasında 10 dakika beklenmesi gereken bu uygulama alçının yüzeyi camsı görünüm alana kadar tekrarlanır; son kuruma için 24 saat beklemesi gerekecektir. Tüm yüzeyleri camsı görünüm kazanan ve tamamen kuruyan alçı parça uygun genişlik ve derinlikteki (tercihen esnek plastik) bir kap içerisine yerleştirilerek üzerine sıvı silikon dökülür. Kalıbı alınması gereken alçı parçanın şekli ve büyüklüğü kalıp kabına yerleştiriliş aşamasında büyük önem taşır. Genelde yatay yerleştirilen alçı parçaların şeklinden dolayı kalıp içinde dik durması isteniyorsa, kalıp tabanına Paraloid B-72 kullanılarak sabitlenip kuruması beklendikten sonra sıvı silikon dökülmelidir (Koob 2006: 98). Alçı parçaların silikon kalıba yerleştirilişinde kalıbın kesilerek açılacağı ve alçının alınacağı yere de önceden karar vermek gerekmektedir. Sıvı silikon alçı üzerine döküldükten hemen sonra (kurumadan önce) üzerine uygun büyüklükte bir sargı bezi parçasının yerleştirilmesi kalıptaki olası esnemeyi önleyecektir. Silikon kalıbın kullanışlı olduğu görüldükten sonra alçı parçanın bir bütün halinde çıka-

rılmasına gerek yoktur, kalıp başarısız olmuş ve yapımı tekrarlanacağı zaman alçı tek parça halinde çıkarılmak zorundadır; aksi takdirde önceki aşamalar tekrarlanmak zorunda kalınacaktır. Boşaltılan silikon kalıp UV lamba altında 24 saat tutularak tam kuruması sağlanmalıdır. Hxtal NYL-1 (Coutinho-Ramos 2009: 127-133), Epo-tek 301 (Koob 2006: 100) veya Araldit 2020 (Davison 2006: 210), sertleşme süresi ve viskozitesi nedeniyle parça döküm malzemesine uygun epoksi reçinelerdir. Dökümü yapılacak parçaların epoksi reçinesi hazırlanmalı ve gerekiyorsa renklendirilmelidir. Renklendirmede tümlemenin belli edilebilmesi için birebir aynı olmayan ama buluntunun rengine benzer tonda renk oksitler katalizör katılmadan epoksi reçine içinde homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra bekletilmelidir. Resim 73.a'da renk oksitlerin epoksi reçineyle karıştırıldığı ilk 5 dakikadaki heterojen, Resim 73.b'de ise 24 saat bekledikten sonraki homojen görünümleri verilmiştir (Koob 2006: 86-88).



Resim 73. Epoksi reçineye renk oksit karıştırılması ve bekletilmesi

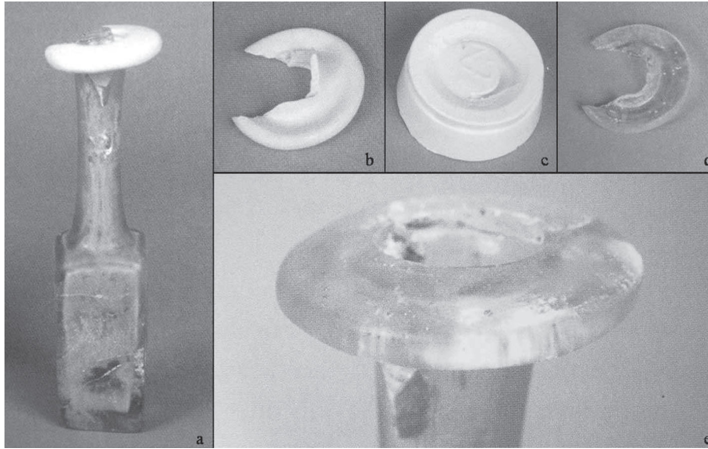
Farklı renk ve tonlardaki boya veya oksitlerin karıştırılmasıyla yapılan renklendirme (Resim 74.a) dökümün birkaç kez tekrarlanmasıyla kontrol edilmelidir (Resim 74.b). Renklendirilen epoksi reçine enjektörle silikon kalıba doldurulur ve 24 saat UV lamba altında bekletilir.



Resim 74. Döküm malzemesinin renklendirme denemeleri

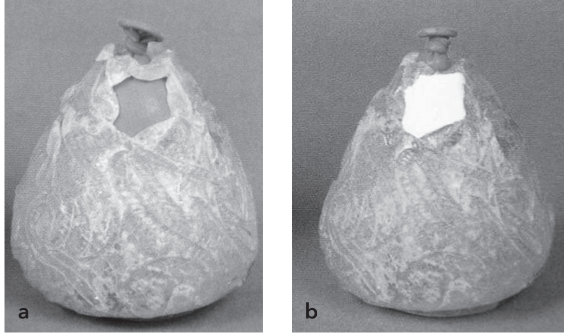
Kalıptan çıkartılıp (gerekiyorsa) rötuşlanan epoksi reçine parça(lar) ve buluntuya ait parçalar yine Paraloid B-72 ile yapıştırılarak birleştirme tamamlanır.

Tekniği aynı temele dayanan farklı yöntemli uygulama örnekleri tümlemede yol göstermektedir. Cam buluntuların ağız, kaide veya kulp gibi kısımlarının eksikliklerinin, parça döküm tekniğiyle tümlenmesi sağlıklı ve kolay bir yöntemdir. Günümüze ulaşan mevcut parçası alçı yardımıyla tümlenen bir şişe ağzı (Resim 75.a), yerinden çıkarıldıktan sonra (Resim 75.b) kalıbın döküleceği kabın tabanına düz kısmı gelecek şekilde yerleştirilerek üzerine sıvı silikon dökülmüştür. Kalıbının üstten açık yapılmasına elverişli olan bu örneğin kap tabanına değen düz yeri, döküm ağzını oluşturmuştur (Resim 75.c). Buradan dökülen ve sertleşmesi beklenen parça çıkarıldıktan sonra (Resim 75.d), Paraloid B-72 kullanılarak ağızdaki yerine yapıştırılmış ve tümleme tamamlanmıştır (Resim 75.e).

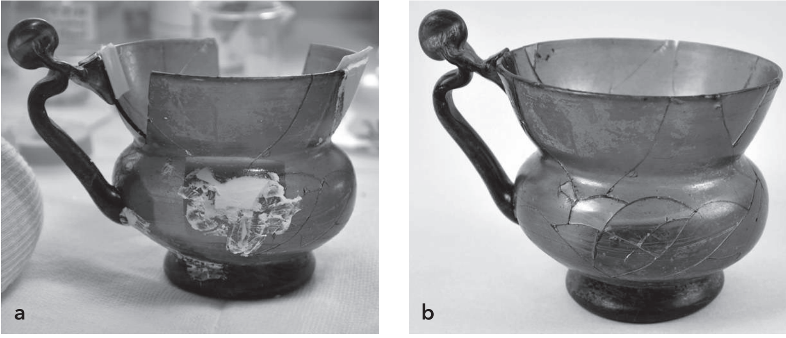


Resim 75. Açık silikon kalıba parça döküm tekniğiyle tümleme

Doğrudan döküm tekniğinde de kullanılan iç/balon kalıp yöntemi parça döküm tekniğinde de kullanılabilmektedir. Dar ağızlı cam kapların gövde eksiklerinde kullanılan bu uygulamada, balon kabın iç formunu alana kadar şişirilerek bir iç kalıp oluşturulur (Resim 76.a) ve bu iç kalıptan yararlanılarak cidarlarına Paraloid B-72 sürülen eksikliklere alçı doldurulur (Resim 76.b). Alçı kuruduktan sonra (Resim 77) saf aseton yardımıyla çözülen Paraloid B-72 alçı parçanın çıkartılmasını kolaylaştıracaktır. Bu tip tümlemelerde eksik parça(lar) birden çok veya



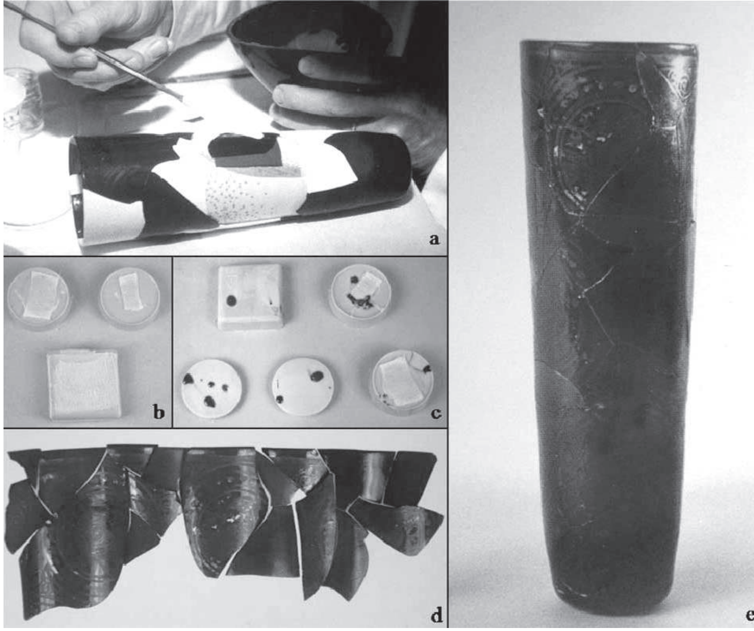
Resim 76. İç/balon kalıp yöntemiyle parça döküm tekniği



Resim 77. Parça döküm tekniği için alçı parçaların hazırlığı ve tümleme sonrası

şekilsiz olduğunda alçıların çıkartılmasında problem yaşanırsa, Paraloid B-72 ile yapıştırılmış kabın tamamı saf asetonla çözülerek tüm parçaların ayrılması ve alçıların problemsiz çıkartılması sağlanabilir. Alçıların silikonla alınan kalıpları, kuruduktan sonra uygun yerlerinden kesilerek çıkartılan alçıların yerine epoksi reçine enjekte edilir. Dökümü yapılan parça sertleştiğinde, Paraloid B-72 kullanılarak yerine yapıştırılır.

Eksikleri çok ve büyük boyutlu, silindirik bir form tümleneceğinde, mevcut parçalar Paraloid B-72 çözeltisiyle birleştirilir ve eksik yerlerin cidarlarına da aynı çözelti sürülür. Cam kaba destek oluşturacak bir malzemeyle iç kalıp hazırlanarak, eksikler alçıyla doldurulur (Resim 78.a). Alçıların iç ve dış yüzeyleri rötuşlanıp, sağlamlaştırıldıktan sonra saf aseton yardımıyla çözülerek alçı parçalar çıkartılır. Kalıp için kaplara yerleştirilen alçı parçaların üzerine sıvı silikon dökülür ve üstüne esnemesini engelleyecek sargı bezi yerleştirilir (Resim 78.b). Alçı parçaların silikon içerisindeki durumlarına göre uygun yerlerden kesilerek boşaltılan kalıba, (renklendirilmiş) epoksi reçine enjekte edilir (Resim

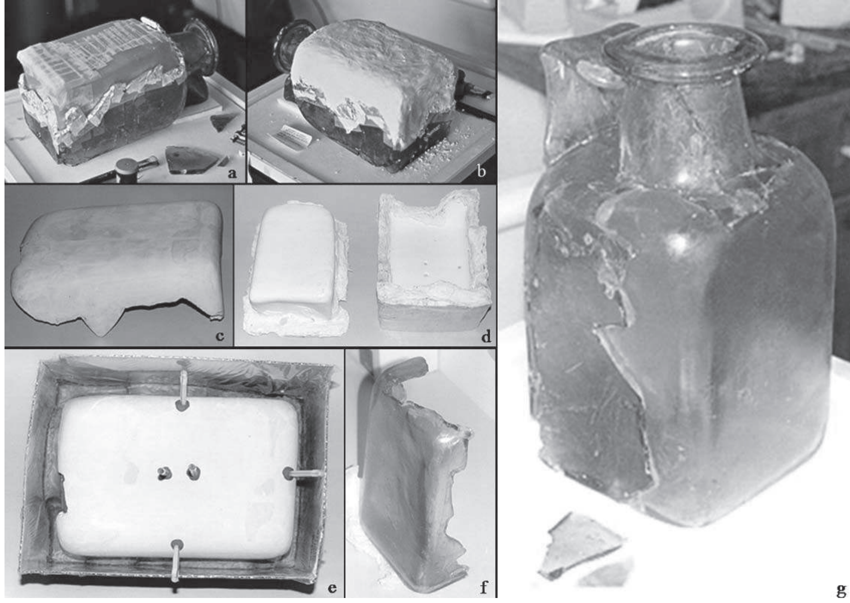


Resim 78. Kapalı silikon kalıba parça döküm tekniğiyle tümleme

78.c). Döküm ve buluntu parçalarıyla (Resim 78.d) birleştirme işlemi tekrarlanarak tümleme tamamlanır (Resim 78.e).

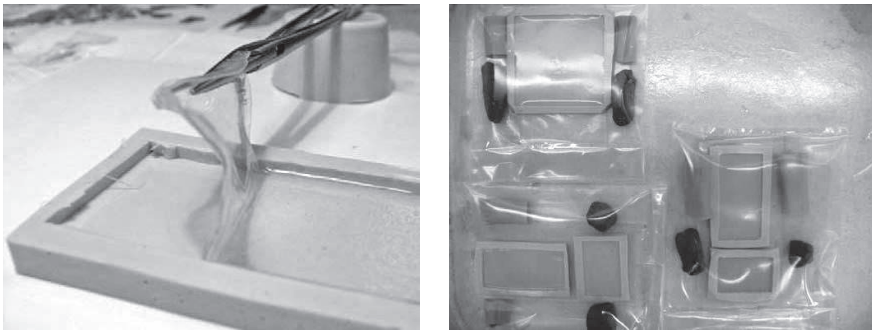
Dökümü yapılacak epoksi reçine parça, silikon kalıba dökülemeyecek kadar büyükse, bu durumda kanallı alçı kalıba parça döküm tekniği denenebilir (Risser 1997: b.a.). Böyle bir uygulamada önce, modelleme malzemesiyle (ör. Dişçi mumu) iç yüzeyde bir destek oluşturulur (Resim 79.a). Gerektiğinde temizliği kolaylaştırmak için girintili çıkıntılı cidarlar alüminyum folyo kaplanarak eksik kısım alçıyla tümlenir (Resim 79.b). Alçı parça, yüzeyi düzeltilip sağlamlaştırıldıktan sonra yerinden çıkartılır (Resim 79.c). Bu parça çekirdek olarak kullanılarak, iki parçalı ve kanallı alçı kalıp oluşturulur (Resim 79.d). Gerektiğinde renklendirilen epoksi reçine, kanallar yardımıyla kalıba doldurularak döküm tamamlanır (Resim 79.e). Sertleşen ve kalıptan çıkarılan epoksi reçine parça (Resim 79.f), Paraloid B-72 kullanılarak yapıştırılır (Resim 79.g).

Parça döküm tekniğiyle yapılan tümleme uygulamasıyla cam buluntuya zararı ortadan kaldırılsa da epoksi reçinelerin zamanla sararmasının önüne geçilememektedir. Yapıştırıcılardan cama en uygun malzeme olan Paraloid B-72'nin, tümleme aşamasında dolguda da kullanıldığı görülmüştür (Koob-Benrubi vd. 2011: b.a.). İnce cidarlı camların tüm-



Resim 79. Kanallı alçı kalıba parça döküm tekniğiyle tümleme

lenmesinde Paraloid B-72 dolgu malzemesi uygundur. %30'luk hazırlanmış Paraloid B-72'den asetonun yavaş buharlaşması için çözeltide ksilen ($C_6H_4(CH_3)_2$) veya etil alkol kullanılır, en çok 8x3 cm boyutlarında plaka şeklinde kalıplara dökülen çözelti, önce bir süre açık alanda, daha sonra 1 ila 4 gün şeffaf poşetler içerisinde kontrollü kurutulur (Resim 80). Geniş, kavisli parçaların plaka şeklinde dökümü yapıldıktan sonra kabın formuna uygun bir kalıp üzerinde 40-50^0 C fırında en az 1 gün boyunca kalıbın tam formunu alarak sertleşmesi sağlanır. Cam buluntuya göre önceden renklendirilebilen Paraloid B-72 parçalar, eksik



Resim 80. Paraloid B-72 parça plaka döküm aşaması



Resim 81. Paraloid B-72 ile tümlenmiş örnekler

kısma göre kesilip, yine Paraloid B-72 çözeltisi ve asetonla kolaylıkla yapıştırılabilir. Bu tümlemede (Resim 81) en büyük avantaj dolgu malzemesi Paraloid B-72'de hava kabarcığı oluşmaması ve bugüne kadar renk değişiminin (sararma gibi) görülmemesidir.

Parçaları birbirine tam oturmayan ve eksikleri çok olduğu için normal şartlarda birleştirme ve tümleme aşamalarına alınamayacak, ancak son derece önemli ve az rastlanılan örneklerde etkisiz akrilik malzemeden (Pleksiglas®, Perspex®) eser formunda üretilmiş iskelet üzerine sabitleme yöntemi kullanılabilmektedir (Martinez-Pasies vd. 2011: 43-44). Böyle bir buluntunun, form ve boyutunda önceden hazırlanan akrilik (Pleksiglas®, Perspex®) bir iskelet üzerine, mevcut tüm parçaların Paraloid B-72 kullanılarak yapıştırılmasıyla gerçekleştirilen bir sergileme modeli Metropolitan Müzesi'nde denenmiştir (Page-Pilosi vd. 2001: 130) (Resim 82).



Resim 82. Pleksiglas iskelet üzerine tümleme

Tümlemede akrilik malzemeden kullanılacak iskelet laboratuvar ortamında imal edilememektedir; ama bu tip bir iskelet epoksi malzemeden laboratuvar ortamında üretilebilir. Benzer uygulama denemelerinde (López-Sandoval 2009: 267-275) (Resim 83) az parçası mevcut kabın çizimi yapıldıktan sonra, bu çizim yardımıyla kabın tam formunda bir çekirdek oluşturulur. Çekirdekten alınan kalıba, cama uygun renkte hazırlanmış epoksi reçine dökülür. Orijinal kabın tam formundaki epoksi döküm iskelet üzerine buluntunun mevcut parçaları Paraloid B-72 çözeltisi yardımıyla yapıştırılır (Resim 84). Epoksi reçinenin zamanla renk değiştireceği ve cam buluntudan aykırı bir görünüme dönüştüğünde uygulamanın tekrarlanması gerektiği unutulmamalıdır.



Resim 83. Epoksi döküm iskeletin hazırlanma aşamaları



Resim 84. Epoksi döküm iskelet üzerine tümleme

Onarımı tamamlanan ve her aşaması fotoğrafla görsel, rapor ve fişlerle yazılı olarak belgelenen cam eser, son olarak 1/1 ölçeğinde yapılan çizimiyle belgelenir. Bu çizimde merkezi çizgiler 0,35 cm, kesit çizgileri 0,25 cm uçlu kalemle çizilir ve seramik eserlerden ayrılması için kesitleri boş bırakılabilir (Coockson 2006: 58-59). Genellikle tüm ve tümlenen cam kaplar için yapılan milimetrik çizimler, ağız, dip veya bezemeli parçalar için de yapılabilir. Bazen özel öneme sahip ufak parçalar, milimetrik çizimleri yapıldıktan sonra, çizim programları kullanılarak bilgisayarda tamamlanır. Bilgisayarda tamamlanan çizim ve buluntunun yakın benzerleri yardımıyla dijital bir tümleme gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir (Borzić 2008: 91-101) (Resim 85). Bilgisayar destekli bu tip uygulamalarla birleştirilmesi ve tümlenmesi mümkün olamayacak parçaların en azından dijital tamamlamaları gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde hızla gelişen teknolojiden faydalanan tümleme uygulamalarında, 3 boyutlu yazıcı tarafından üretilen parçalarla tamamlama denenmiş ve başarıya ulaşmıştır. Bu uygulama sadece porselen bir kapta denenmiş (Antlej-Celec vd. 2012:141-146) olsa da cam buluntularda da uygulanabilir.



Resim 85. Dijital ortamda tümleme

Antik Çağ camlarının üretimleri ve kimyası açısından tümlemede kullanılan malzemelerin uyumluluğu halen tartışmalıdır. Bu nedenle önemli statik gerekçeler haricinde estetik amaçlı bir tümleme etik açıdan kabul edilemez. Özellikle üfleme tekniğinde üretilen ince cidarlı camların tümlenmesi risk taşımaktadır. Çalışma kapsamında yapılan araştırma ve incelenen uygulama örneklerinden, toprak altı buluntusu camların tümlenmesinde çoğunlukla doğrudan döküm tekniklerinin kullanıldığı saptanmıştır. Doğrudan döküm tekniklerinin, uygunluğu

yeteri kadar irdelenmeden sıklıkla tercih edilme nedeni, uygulama kolaylığı ve kısa zamanda tamamlanmasıdır. Ancak dolgu malzemesi olarak kullanılan epoksi reçinelerin dayanımı ve çekme gücü antik camdan daha yüksektir; bu durum, buluntuyu fiziksel olarak zayıfladığı bir yerden kopartarak daha büyük sorunlara neden olabilmektedir. Günümüzde doğrudan döküm tekniğiyle cam buluntu tümlemeye uygun dolgu malzemesi henüz yoktur. Bu sorunlar nedeniyle antik cam onarımında sık kullanılan doğrudan döküm tekniği yerine, parça döküm tekniğinin uygulanması gerekir. Paraloid B-72, cama ve camın saklanması gereken ortama uygunluğu, dayanımı, uzun ömürlü olması ve renk değiştirmemesi açısından camların tümlenmesinde yakın zamanda denenmiştir. Paraloid B-72'nin toprak altı cam buluntularının tümlenmesinde kullanımı önemli bir gelişmedir.

Antik cam onarımının tamamlanması için, yüzeyin tamamına havayla temasını keseceği ve koruma amaçlı olduğu düşüncesiyle bir film tabakasının (Başaran 2000: 94-96) (ör.: Paraloid B-72) uygulanmasına karşın, bu tabaka toprak altı buluntusu camlarda nem tehlikesi (Koob 2006: 55) yaratarak kimyasal bozulmayı hızlandıracak yanlış bir uygulama olacaktır.

3.5. Depolama ve Sergileme

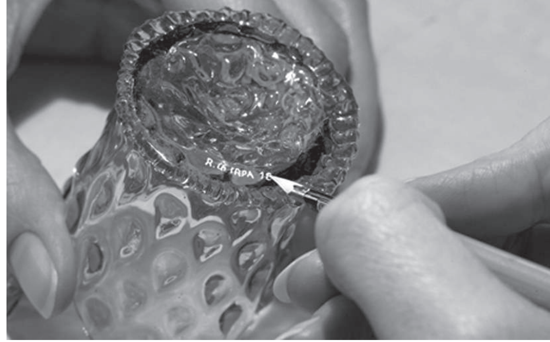
Toprak altı buluntusu camlar, doğru koruma onarım aşamalarından sonra depolanması veya sergilenmesi sırasında, uygun ortam oluşturulması ve belli bazı kurallara uyulmasıyla korunabilecektir (Baykan 2013: 19-24); aksi takdirde tekrar bozulma sürecine girebilir. Camların depolanma ve sergilenme ortamında nem, ısı, aydınlatma ayrıntıları (Kurtay-Aybar vd.: 95-113) büyük önem taşır.

Müze ve arkeolojik kazı çalışmalarını kolaylaştıran, iyileştiren ve geliştiren ayrıca yasal açıdan bir zorunluluk olan kayıt işlemi de önemli ve bilimsel bir konudur. ICOM'un "Müzeler İçin Etik Kodları"nın ikinci maddesinde yer alan ilkede bu durum "*Müze koleksiyonları, önemli bir kamusal miras olup, yasada özel bir yere sahiptirler ve uluslararası mevzuat tarafından korunurlar*", şeklinde ifade edilmektedir (Uralman 2012, 57-58). Koleksiyonların kayıt altında tutulmasını sağlayan dökümantasyonla nesneler kataloglanmakta ve sınıflanmaktadır (Uralman 2012, 58).

Müze ve arkeolojik kazıların tasnifleri için camların kaydedilmesi ve bu kaydın numaralarının eser üzerinde tercihen sabit bir şekilde bulun-

ması istenmektedir. Numaralama doğrudan camların üzerine yapılacağı için uygulama dikkat gerektirecektir. Camların numaralandırılmasında etiketleme daha önceden kullanılmışsa da, etiket yapıştırıcısının camla nem etkisiyle reaksiyona girerek camın yapı ve rengini değişime uğratması (Resim 86.a) nedeniyle günümüzde uygulanmamalıdır. Aynı şekilde doğrudan cam yüzeyine herhangi bir kalemle yazılarak numaralandırma yapılması da kesinlikle yanlıştır. Numaraların, mümkünse kaide altına veya forma göre görsel bütünlük içinde doğrudan algılanmayan bir yere (Resim 86.b) yazılması uygun olacaktır. Numaranın yazılacağı alan seçilerek sadece bu alana tam geri dönüşümlü şeffaf lak (peligom veya Paraloid B-72 çözeltisi) sürülür; kuruduktan sonra üzerine mürekkeple (eserin rengine göre siyah veya beyaz) numara yazılır ve üzeri tekrar laklanır. Böylelikle iki şeffaf tabaka arasına hapsedilen mürekkebin camla kimyasal reaksiyona girmesinin engellenmesi; yanlış yazım ya da numara değişimi gibi durumlarda kolay çıkartılabilmesi ve yazının zamanla kaybolmayacağı için sık tekrarlanmaması sağlanmış olacaktır.

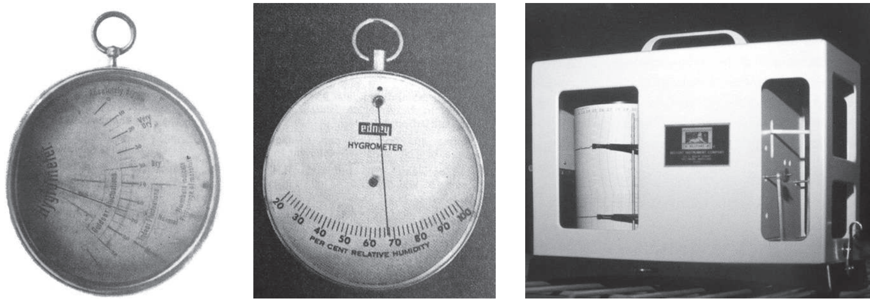




Resim 86. a) Doğrudan etiketleme sebebiyle oluşan yüzey bozulması; b) Cam eserin yazıyla numaralandırılması

Toprak altı buluntusu camların kimyası ve üretiminden dolayı depolandığı ve sergilendiği ortamda, bozulmayı hızlandıracak nem ve ısı değişimlerinin olmamasına büyük önem verilmelidir. Yüksek bağıl nemde (RH) çiy noktası sıcaklığı ortam sıcaklığına daha yakın olduğundan, nemli müze hacimlerinde yoğuşma öncelikle ortam ısısından daha soğuk cam yüzeylerde gerçeklerek camın tadil edicilerinde çözünme sonucu mat bir görünüm, kimi zaman da çatlaklar sonucu fiziksel tahribata sebep olmaktadır. Üretimlerinden kaynaklanan nedenlerle gerilimli toprak altı buluntusu antik camlarda ani ısı değişimi fiziksel bozulma-

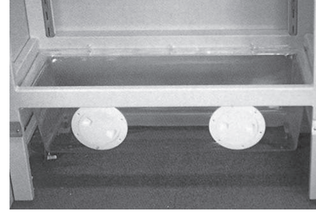
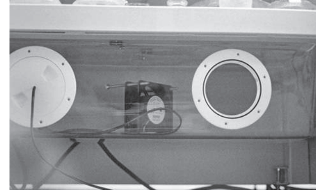
ları, bağıl nem değişimi de kimyasından kaynaklı yüzey çözünmelerini hızlandıracaktır. Depolama ve sergileme ortamlarında, cam buluntular metal, ahşap gibi farklı malzemeli eserlerle kimyasal reaksiyon gerçekleştirebileceğinden ayrı tutulmalıdır. Gerilimli ve yüzeyi aşınmış, tabakalanmış buluntuların ortamında ısı değişimlerinin olması fiziksel bozulmalara neden olacağından ortam ısısının 18-20 °C derecede, yüzeyde kimyasal çözünmenin gerçekleşmemesi için ise bağıl nemin %40-45 (Koob 2006: 55-56; Davison 2006: 317; Başaran 2000: 97; Akıllı 1998: 80) oranında sabit tutulması gerekmektedir. Nem ve ısı seviyesini ayarlayan iklimlendirme cihazları (klimalar) kullanılarak ortam uygun seviyede tutulmalıdır. Nemin seviyesinin kontrolünde higrometreden (Resim 87.a) anlık nem ölçümlerinde ve nemle birlikte ısının ölçülüp kaydedilmesinde termo-higrograftan (Resim 87.b) faydalanılmıştır (Guichen 2004: 21; Koob 2006: 134). Bağıl nem, sıcaklık ve çiy noktası sıcaklığını ölçebilen taşınabilir elektronik cihazlar, eserin yakınında konumlandırılarak mikro-iklim durumunun izlenmesine imkân sağlayan küçük veri kaydediciler, ölçümleri bilgisayar destekli izleme merkezine göndererek anlık iklim durumunun sürekli izlenmesini sağlayan kablosuz sistemler (Uğuryol 2012a: 103), günümüzde rahatlıkla ulaşılabilir durumdadır ve müzelerde de kullanılmalıdır.



Resim 87. Nem ölçümlerinde kullanılan araçlar

Cam buluntuların müze ortamında ısı (Fearn-McPhail vd. 2004: 510-514) veya atmosferik koşullardan (Oakley 1999: 226; Cass-Druzik vd. 1989: b.a.) etkilenmeleri, mikroskop ve spektral analiz yöntemleriyle belgelenebilir ve kontrol edilebilir. Sergileme mobilyalarının (vitrin) alan bağıl nemini dengelemek için eserlere ve sağlığa zararsız, kullanışlı mikro gözenekli amorf silisyumdioksit taneciklerinden oluşan *silika jel*-den (Brill 1978: 11-23; Başaran 2000: 97; Davison 2006: 317; Guichen

2004: 14; Uğuryol 2012a: 110) yararlanılabilir. Ayrıca programlanabilir elektrikli kuru hava fanları (Koob 2006: 129-130, 133-134) kullanılmalıdır. Vitrin tasarımlarında nem dengeleyici fanın veya silika jelin konulacağı (Koob 2006: 133-134; Oakley 1999: 225-226, Resim 6) bölümler unutulmamalıdır. Vitrindeki bağıl nem dengesinin sabit tutulması için yerleştirilecek düzenekler (elektrikli fan için zamanlayıcı bir düzenek de kullanılmalı) eserlerin görselliğini etkilememeli, mümkünse vitrin altında görünmeyen yerlere yerleştirilmelidir (Resim 88).

Resim 88. Vitrin altı bölme ve nem değişimi probleminin çözümü

Müzelerde sergilenen, depolanan eserler zararlı ışınlardan (morötesi-UV, kızılötesi-IR) korunmalıdır. Aydınlatma sistemi sergileme kalitesini yükseltirken, aydınlatmada yapılan yanlış tercihler ve eksiklikler eserleri sıradanlaştırdığı gibi geri dönüşü olmayacak zararlar da verebilmektedir. Görsel algılamanın verisi olan ışık, duyarlı nesnelere zarar verdiğinden ICOM (Uluslararası Müzeler Konseyi) ve benzer kuruluşlarca etik olarak sınırlandırılmıştır (Sirel 2012: 149). Müze mekânlarının aydınlatılmasında ortamın ısı ve nemini değiştirmesi, eserlere zararlı ışınlar yayması sebebiyle doğrudan güneş ışığı (Resim 89) kullanımı uygun değildir.



Resim 89. Güneş ışığına maruz kalmış cam eser vitrini

Yapay aydınlatmada da, ışık kaynağının ısı vermemesine özen gösterilmeli ve aydınlatma elemanlarından en az seviyede yararlanılmalıdır. Cam eserlerin sergilendiği vitrinlerin aydınlatılmasında yine ısı kontrolünün sağlanması, aydınlatma kalitesine göre morötesi ve kızılötesi ışınları durduran filtrelerin kullanılması ve aydınlatma elemanının sadece gerektiğinde yanmasını sağlayan düzeneklerin (duyar/sensor) tercih edilmesi doğru olacaktır.

Eserleri dikkat çekici kılabilmek için üzerlerine spot ve benzeri ışıkların doğrudan yöneltilmesi kimyasal çözünmeyi hızlandıracak yanlış bir uygulamadır. Aydınlatmada 300-500 lux (ışıksal aydınlık ölçü birimi) aralığı uygun görülmektedir. Fiber optik lambalar[54] (Sirel 2012: 154), UV ışın ve IR ısıl yayınımı taşımayan, soğuk ışık kaynağı olarak müze binaları ve eser vitrinleri için en uygun aydınlatmalardır. Bu tip aydınlatmaların, soğuk ışıklı olduğu için esere istenildiği kadar yaklaştırılabilme; tek kaynaktan gelen ışığın ihtiyaca göre farklı noktalara yöneltilme; hassas noktasal aydınlatma yapılabilme; toz parçacıklarını harekete geçirmeme gibi birçok avantajı da bulunmaktadır. Fiber optik aydınlatma sistemi ışık kaynağı, fiber kablo demeti ve kablo uçlarına takılan 3-5 cm çapındaki lensli veya lenssiz armatürlerden oluşur. Çok küçük alanlara sığdırılabilen ve optik lenslileri ışığı tek noktada yoğunlaştırabilen kablolar, ısıyı değil sadece görünen ışığı taşır.

Mimari aydınlatmanın genelinde olduğu gibi uzun ömürlü olmaları, vitrin içi kullanımına uygun küçük boyutları ve ışık akışının bir anahtarla azaltılabilmesi gibi özellikleriyle LED'lerin (*Light Emitting Diod*) de müze aydınlatmasında kullanımı yaygınlaşmıştır (Sirel 2012: 154). Depoda da çalışmaların yürütülebilmesi için yine ısı vermeyen uygun ve yeterli ilave aydınlatma düzenekleri kullanılmalıdır. Sergilemede vitrin içindeki camlara dikkat çekmek için açık renkli eserler siyah, koyu renkliler ise krem rengi fon üzerinde ve sayıları on adedi aşmayacak şekilde düzenlendiğinde yeterli vurgu yapılmış olacaktır. Sergilenecek cam buluntunun sayısının azlığı ayrıca depreme karşı önlem

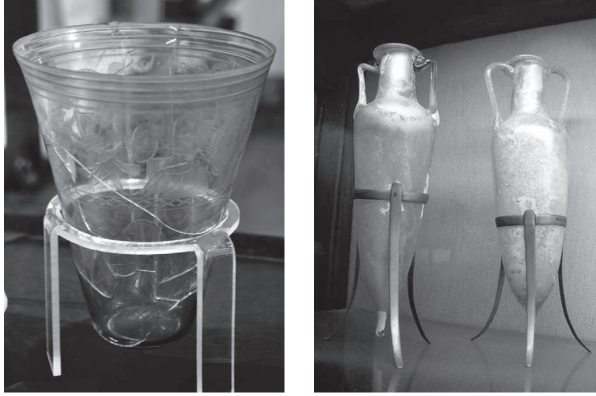


Resim 90. Yanlış bir aydınlatma örneği

54 Çevrimiçi: http://www.lamp83.com/fiberoptik.php, Ocak 2010.

alınmamış vitrinlerde, eserlerin çarpışarak hasar görmelerini azaltacaktır. Siyah fonlu vitrinlerde sergilenen cam eserlerin özel düzenlenmiş sistemle alttan aydınlatılmaları da vurguyu arttırmaktadır. Resim 90'daki doğru aydınlatmayla görselliği arttırılmaya çalışılan bir cam eser vitrini, mekânda kullanılan zararlı günışığına maruz kalmakta ve ayrıca sergilemede istenilen etkiyi verememektedir.

Sergilemede ziyaretçinin görsel algısını etkileyen aydınlatmanın dışında eserin duruşu da önem taşımaktadır. Eserin hem formuna uygun şekilde sergilenmesi hem de vitrin içinde sağlam durması gerekmektedir. Ayakta duramayacak formda (Resim 91) ya da desteklenmesi gereken eserlerin akrilik (pleksiglass) iskelet ve ayaklar yardımıyla vitrin içinde serbest ya da sabitlenmiş şekilde sergilenmesi uygundur.

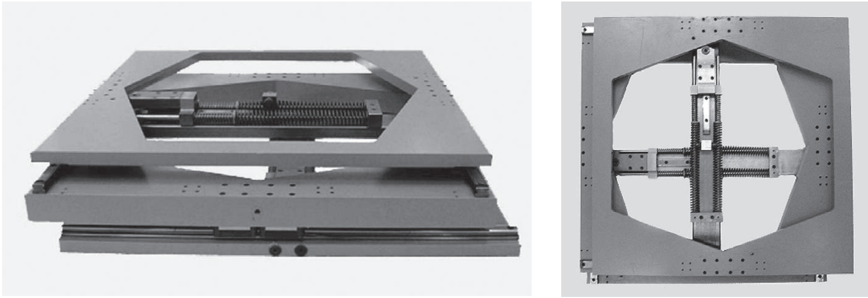


Resim 91. Destek ayaklarla serbest sergileme

Müzelerde hırsızlık, yangın, su baskını, deprem (Ertürk 2012a: 157-168) gibi dış etkenlere karşı önlem alınması zorunludur. Depreme karşı korumada, öncelik binanın yapısal güvenliği olmakla birlikte, kültür varlıklarının sergileme ve depolama alanlarında, yapısal olmayan elemanlardan kaynaklanacak risklere karşı alınacak önlemler de en az binanın güvenliği kadar önemlidir. Müze binalarında deprem önlemleri inşa sürecinde başlamalıdır. Deprem riski taşıyan bögelerde, özellikle kültür varlıklarının korunduğu müze binaları, temele yerleştirilen deprem yalıtım düzenekleriyle, sarsıntılardan korunabilmektedir. Günümüzde uygulanabilen bu yöntem[55] henüz Türkiye'de kullanılmamıştır.

55 Çevrimiçi: http://shelf3d.com/oDA5Z-82u-4#Base Isolation Systems, Şubat 2014

Neredeyse tamamı deprem riski taşıyan Türkiye'deki müze binalarının inşasında ve tasarımında, temellerinde deprem yalıtımı olmasının, ön koşul haline gelmesi depreme dayanıklı müzelerin inşasını sağlayacaktır. Bu teknik kullanılmadan inşa edilmiş mevcut müzelerimiz ve tarihi bina içi sergilemelerinde, deprem önlemlerinin vitrin gibi yapısal olmayan elemanlarda alınması gerekir. Deprem sarsıntısını yalıtan mekanizmaların (*deprem yalıtım aracı*) (Ertürk 2012a: 165) ufak boyutluları (Resim 92) vitrin altlarında kullanıldığında, eserler, sarsıntı ve devrilme sonucu oluşabilecek tahribatlara karşı korunmuş olacaktır[56] (Lowry-Farrar vd. 2007: 22-23).



Resim 92. Deprem yalıtım aracı

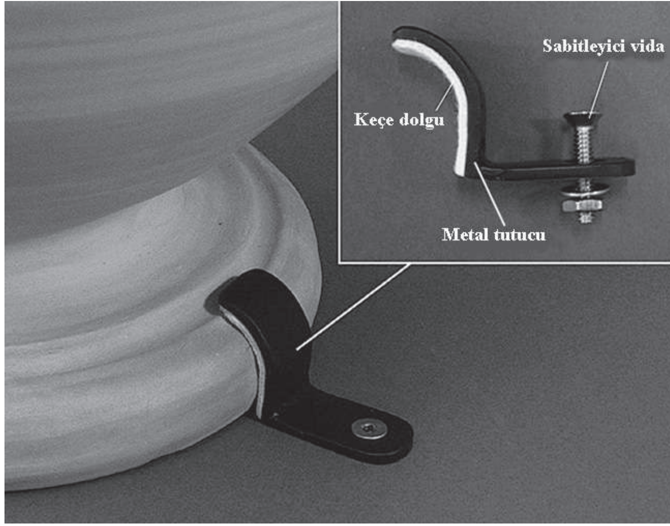
Deprem sarsıntısı yalıtılamıyorsa, müze koleksiyonlarına yönelik deprem risklerinin azaltılması için alınabilecek en etkin önlem sabitlemedir. Sabitlemenin amacı bina içinde savrulmanın yerine binanın yapısıyla beraber hareketin sağlanmasıdır. Eserlerin vitrin tabanına sabitlenmesinde, her eserin profiline göre özel olarak üretilen ve eseri des-



Resim 93. Profile uygun eseri destekleyen sabitleyici yapımı

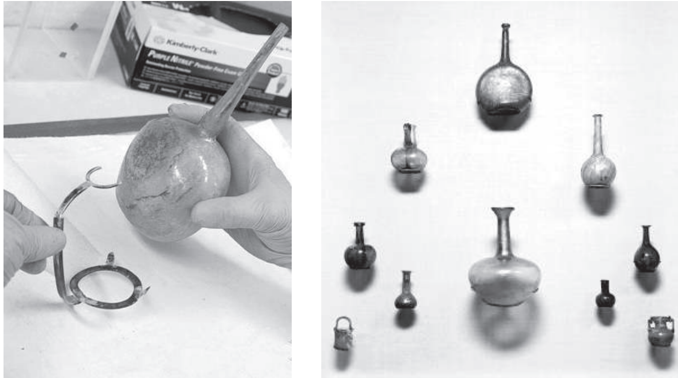
56 Çevirimiçi: http://shelf3d.com/ntV6LQF1GxA#Jerry Podany Demonstrates a Base Isolation System to Protect Antiquities

tekleyen sabitleyici ayaklar (Resim 93) kullanılabilir. Ayakta durabilen eserlerin sabitlenmesinde, eserin alt kısmında, esere temas eden yüzeyi keçe gibi bir dolguyla kaplı, çelik, pirinç veya akrilik malzemeden tutucular (Resim 94) kullanılmalıdır. Sabitlemede eserin malzemesi, kırılganlığı, zayıf noktaları, boyutu, ağırlığı, sismik dengesi göz önünde bulundurularak tutucuların yeri ve sayısına karar verilmelidir.



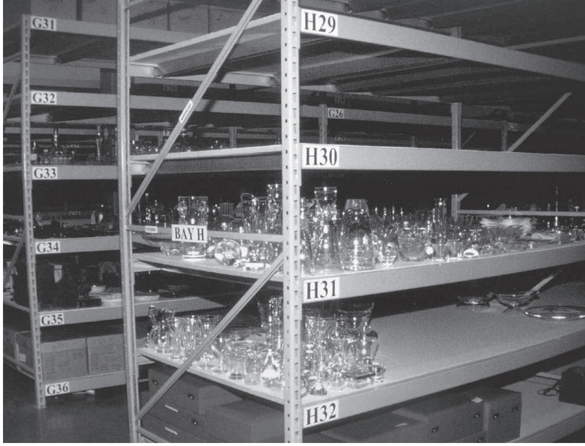
Resim 94. Vitrin tabanına sabitleyici metal tutucu

Vitrinlerin dik yüzeylerindeki sergilemede, formu uygun ve ufak boyutlu eserlerin misinayla bağlanması (Ertürk 2012b: 295) veya eserin formuna göre üretilen ayaklarla (Resim 95) sabitlenmesi doğrudur.



Resim 95. Vitrinin dik yüzeyinde forma uygun ayaklarla sergileme

Sergileme dışında tutulan cam buluntular, form ve korunmuşluk durumlarına göre ayrılarak uygun düzeneklerde depolanmalıdır. Genelde modern camlar için kullanılan açık çelik raflar (Resim 96), sarsıntılar-



Resim 96. Geniş çelik raflar ve numaralandırma sistemi

la fiziksel, ortam nem ve ısı değişimiyle kimyasal bozulmalara neden olacağından, antik camların depolanmasında uygun değildir. Toprak altı cam buluntular, çelik raflara doğru ve uygun paketleme yapıldıktan sonra yerleştirilmelidir. Depolamada kullanılan dolap, raf, çekmece gibi taşıyıcılar, harf ve/veya rakamlarla kodlandırılarak (Resim 96) kontrol, sayım veya onarım sırasında kolay bulunabilmeleri için bir defterde kayıt altına alınmalıdır. Çoğu parçalı ele geçen toprak altı camlarının, polietilen poşetli veya açık olarak, çelik çekmece sistemlerinde (Resim 97) depolanması uygundur. Çelik çekmece sistemleri aynı zamanda cam objelerin ve ufak boyutlu tüm cam kapların da rahatlıkla depolanabileceği (Resim 98) sistemlerdir.




Resim 97. Toprak altı cam parçalarının çelik çekmece sisteminde depolanması



Resim 98. Cam buluntuların çelik çekmece sisteminde depolanması

Çelik dolap, raf ve çekmecelerin duvara dayanarak veya vidalanarak sabitlenmesi arada oluşacak toz birikimi, duvarın olası nemi (Massari 1971: b.a.) ve temizlik zorluğu gibi problemler doğurabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı eğer raf sistemi kullanılacaksa mekânın ortasında etrafından dolaşılabilecek şekilde yerleştirilen geniş modüller (ince uzun değil) seçilmelidir. Standart emniyetin sağlanması için açık veya kapalı tüm modüllerin deprem riski de düşünülerek tabana ve tavana sağlam şekilde sabitlenmesi (Ertürk 2012a: 161) gerekmektedir. Depolamada kullanılan raf, çekmece gibi sistemlerin her düzlemine 5-6 mm kalınlığında gözeneksiz polietilen (sünger/sentetik keçe) kaplanarak sert zeminin oluşturacağı tehlike ortadan kaldırılacak ve üzerine asitsiz (yaklaşık pH 7), ağartılmamış (kimyasal işleme tabi tutulmamış) kâğıt serilmesiyle de olası kimyasal reaksiyon engellenebilecektir. Bozulma görülen camların devamlı gözlem altında tutulmasına gerekli özen gösterilmelidir.

Üretiminden kaynaklı gerilimli antik camların paketlenmesinde, sarsıntılara karşı dayanım gösterecek kalınlıkta (3-4 dilimli) (Koob 2006: 145-146), çıkabilir kapaklı asitsiz mukavva kutu, olası bir kimyasal reaksiyona karşı asitsiz kâğıt ve gözeneksiz polietilen (tercihen çapraz bağlı) katı köpük destekler kullanılmalıdır. Boyut ve formlarına göre gruplandırılan camların hangi büyüklükte kutu içine kaç tane konulabileceği hesaplanmalıdır; hesaplamada dıştan gelebilecek darbeler düşünülerek kutu kenarları ve iki camın arasında hacminin yarısı kadar alan bırakılması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Kutu tabanına 5 cm kalınlığında polietilen tabaka konulur; üzerine, buluntunun formuna göre oyulan ikinci ve daha kalın tabaka yerleştirilir. Polietilen tabaka ile kap arasında kimyasal bir reaksiyonun gerçekleşmemesi için polietilen tabakanın eserle temas edecek yerlerine asitsiz kâğıt yerleştirilir; konulan

son polietilen tabakadan sonra kutunun kapağı kapatılarak paketleme tamamlanır (Resim 99). Küçük boyutlu ve parça halindeki buluntular ayrı polietilen yuvalar içerisinde ve asitsiz kâğıtla kaplanmak koşuluyla bir arada (Resim 100) paketlenebilir.

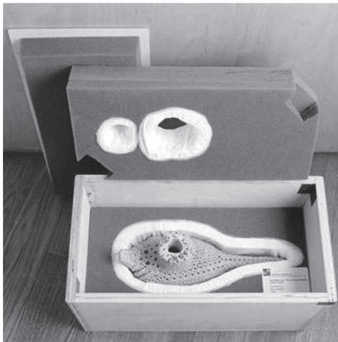



Resim 99. Depolama ve taşıma için uygun paketleme




Resim 100. Uygun paketleme

Sergilenen veya depolanan eserler, geçici sergi ya da taşınma gibi nedenlerle uzun mesafeli nakledileceklerinde, önce her biri özel hazırlanmış tekil kutulara, daha sonra kutular arasında boşluk kalmayacak şekilde darbe ve diğer dış etkenlere dayanıklı büyük sandıklar içerisine yerleştirilmelidir (Resim 101).




Resim 101. a) Özel hazırlanmış tekil kutular; b) Büyük sandık içine yerleştirme

Resimlerin Listesi

48, 284).

Resim 17. İyi korunmuş cam bilezikler (Koob 2006: 13).

Resim 18. a) Cam yüzeyinde sedefli görünüm (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 36); b) Cam yüzeyinde matlaşma (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 36).

Resim 19. a) Cam yüzeyinde açıklı koyulu lekeler (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 36, 38); b) İç baskıya neden olan karbonatlar (Optik mikroskop görüntüsü) (Dal Bianco-Bertoncello vd. 2004: 94).

Resim 20. a) Mikroskobik kalınlıktaki birkaç katlı yapraklanma (metalografik mikroskop görüntüsü) (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 44); b) Cam yüzeyinde kabuk şeklinde yapraklanma (Koob 2006: 17).

Resim 21. Yüzey yapraklanmalarının elektron mikroskobu görüntüleri (Silvestri-Molin vd. 2005: 1346).

Resim 22. Yüzey yapraklanmasının yer yer dökülmesi (a) Koob 2006: 14; b) Başaran 2000: Res.30).

Resim 23. Yüzey kaybı sonucunda görülen matlaşma (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 37).

Resim 24. a) Sedefli görünümlü yüzeyin pul pul dökülmesi (elektron mikroskobu görüntüsü) (Abd-Alla 2006: 47); b) Bozulmaya uğramış yüzeydeki mikro çatlakların yüksek CaO oranına bağlı azlığı (elektron mikroskobu görüntüsü) (Abd-Alla 2006: 47).

Resim 25. Çukur oluşumunun elektron mikroskobunda alınan kesit görüntüsü (Silvestri-Molin vd. 2005: 1344).

Resim 26. Cam yüzeyde yarık oluşumu şeklindeki bozulma detayları (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 43).

Resim 27. Yarık oluşumu (elektron mikroskobu görüntüsü) (Lampropoulos-Leakou vd. 2004: 39, 41, 44).

Resim 28. Çözünebilir tuzların cam yüzeyinde oluşturduğu tabakalanma (Lightfoot-Arslan 1992: 35, 94).

Resim 29. a) Cam yüzeyde sabit kalan etiket izi (Davison 2006: 173); b) Dayanımsız bir yapıştırıcının oluşturduğu kötü görünüm (Koob 2006: 112).

Resim 30. a) Onarımda kullanılan metal kenetlerin korozyon sonucu lekeler oluşturması (Davison 2006: 173); b) Kimyasal madde içeren gazete kâğıdıyla yapılan paketlemenin yüzeyi matlaştırması (http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm, Aralık 2009).

Koob 2006: 134).

Resim 88. Vitrin altı bölme ve nem değişimi probleminin çözümü (Koob 2006: 130, 133).

Resim 89. Güneş ışığına maruz kalmış cam eser vitrini (http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_glass, Aralık 2013).

Resim 90. Yanlış bir aydınlatma örneği (http://www.tzzadar.hr/en/city-guide/museums/27-05-2009/museum-of-ancient-glass-zadar, Aralık 2013)

Resim 91. Destek ayaklarla serbest sergileme (http://archaeologicalmuseum.jhu.edu/the-collection/conservation/, Aralık 2013)

Resim 92. Deprem yalıtım aracı (Lowry-Farrar vd. 2007: 22)

Resim 93. Profile uygun eseri destekleyen sabitleyici yapımı (Lowry-Farrar vd. 2007: 20).

Resim 94. Vitrin tabanına sabitleyici metal tutucu (Lowry-Farrar vd. 2007: 19'dan değiştirilmiştir).

Resim 95. Vitrinin dik yüzeyinde forma uygun ayaklarla sergileme (http://archaeologicalmuseum.jhu.edu/the-collection/conservation/, Aralık 2013)

Resim 96. Geniş çelik raflar ve numaralandırma sistemi (Koob 2006: 142)

Resim 97. Toprak altı cam parçalarının çelik çekmece sisteminde depolanması (http://blog.cmog.org/tag/conservation/)

Resim 98. Cam buluntuların çelik çekmece sisteminde depolanması (a) Koob 2006: 143; b) http://www.nps.gov/history/museum/publications/MHI/CHAP7.pdf).

Resim 99. Depolama ve taşıma için uygun paketleme (Koob 2006: 146).

Resim 100. Uygun paketleme (a) http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm, Aralık 2009; b) Davison, 312).

Resim 101. a) Özel hazırlanmış tekil kutular (http://www.curatorial.com/packing.html); b) Büyük sandık içine yerleştirme (http://moadoph.gov.au/blog/the-illuminations-from-workshop-to-showcase/)

Tabloların Listesi

Kaynaklar

Modern Kaynaklar

Abd-Allah, R.

2006 "Devitrification Behaviour of Corroded Glass: Four Cases Study", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry 7-1*, 39-49.

Aerts, A.-Janssens, K. vd.

1999 "Trace-Level Microanalysis of Roman Glass from Khirbet Qumrân, Israel", *Journal of Archaeological Science 26,* 883-891.

Aerts, A.-Velde, B. vd.

2003 "Change in Silica Sources in Roman and Post-Roman Glass", *Spectrochimica Acta Part B 58*, 659-667.

Akıllı, H.

1998 "Eski Cam Eserlerin Bozulma Nedenleri Ve Onarımı", Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi, Sayı 3, İstanbul, 17–83.

Altavilla, C.-Ciliberto, E. vd.

2008 "The cleaning of early glasses: investigation about the reactivity of different chemical treatments on the surface of ancient glasses", *Applied Physics A 92*, 251-255.

Antlej, K.-Celec, K. vd.

2012 "Restoration of a Stemmed fruit Bowl using 3D Technologies", *Преглед НЦД 21*, 141-146

Arcak, C.-Kunicki-Goldfinger, J.

2006 "The Use of Silicone Polymers in the Conservation of Glass from Waterlogged Sites: A Brief Introduction", *ICOM Glass & Ceramics Conservation 15*, 6-8.

Arletti, R.-Dalconi, M.C. vd.

2006 "Roman Coloured and Opaque Glass: a Chemical and Spectroscopic Study", *Applied Physics A 83*, 239-245.

Atik, Ş.

1998 "İstanbul Arkeoloji Müzelerinde Bulunan İ.Ö. II-I. Bin Yıllarına ait Mezopotamya Cam Eserleri", *XXXIV. Uluslararası Assiriyoloji Kongresi*, Türk Tarih Kurumu, İstanbul, 365-376.

2004 *MÖ I. Binde Anadolu'da Cam Üretimi ve Tasarımı*, yayınlanmamış doktora tezi, MSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Augerson, C.C.-Messinger, J.M.

1993 "Controlling The Refractive Index of Epoxy Adhesives With Acceptable Yellowing After Aging", *Journal of The American Institute of Conservation 32*, 311-314.

Barbana, F.-Bertoncello, R. vd.

2004 "Alteration and Corrosion Phenomena in Roman Submerged Glass Fragments", *Journal of Non-Crystalline Solids 337,* 136-141.

Bass, G.F.

2003 *Su Altında Arkeoloji*, Homer Kitabevi, İstanbul.

Başaran, S.

2000 *Pişmiş Toprak ve Cam Eserlerin Konservasyon/Restorasyonu*, Graphis Yayınları, İstanbul.

Baxter, M.J.-Cool, H.E. vd.

2006 "Comparing Glass Compositional Analyses", *Archaeometry 48-3*, 399-414.

Baykan, C.

2007 "Allianoi'dan İki Cam Eserin Konservasyon ve Restorasyonu", *IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri*, Eskişehir, 181-187.

2010 "Üretimine ve Kimyasına Uygun Olarak Antik Cam Restorasyonu İrdelemesi ve Öneriler", Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Seramik ve Cam Tasarımı Ana Sanat Dalı Seramik Tasarımı Programı, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul.

2013 "Müzelerde Cam Eserlerin Sergilenmesi ve Depolanması", *Güneş Karadenizden Doğar Sümer Atasoy'a Armağan Yazılar. Lux ex Ponto Euxino, Studies Presented in Honour of Sümer Atasoy* (Ed. Şevket Dönmez), Ankara, Hel Yayıncılık, 19-24.

2014 "Physical and Chemical Causes of Deterioration ort he Excavated Glass", *15th Symposium on Mediterranean Archaeology*, Ed. P. Militello-H. Oniz, 3-5 March 2011.

Baykan, C.-Baykan, D.

2012 *Eskiçağ'da Cam*, Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü Yayınları,

İstanbul.

Baykan, C.-Orbeyi, N. vd.

2007 "Göbekli Cam Üretim Teknolojisi ve Mimaride Pencere Camı Olarak Kullanımı", *IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri*, Eskişehir, 879-890.

Berducou, M.

1987 "Céramique et verre", *Conservation-Restauration du Mobilier Archeologique*, Saint-Denis, 11-19.

Berengue, L.F.-Barrero, H.J. vd.

2012 Noves Aportacions a la Restauració del Vidre del Museu Arqueològic d'eivissa, *IV Jornades d'Arqueologia de les Illes Balears* (Eivissa, 1 i 2 d'octubre, 2010), 283-289.

Beşer, E.-Demirci, Ş.

2012 "Arkeometrik Çalışmalar Işığında Renkli ve Renksiz Cam Üretimi", *II. ODTÜ Arkeometri Çalıştayı. Türkiye Arkeoloji'sinde Cam: Arkeolojik ve Arkeometrik Çalışmalar, 6-8 Ekim 2011*, ODTÜ Yayınları, Ankara, 47-56.

Bianco, B.-Bertoncello, R. vd.

2004 "Glasses on the Seabed: Surface Study of chemical Corrosion in Sunken Roman Glasses", *Journal of Non-Crystalline Solids 343*, 91-100;

Bımson, M.-Freestone, I.C.

1983 "An Analytical Study of the Relationship Between the Portland Vase and other Roman Cameo Glasses", *Journal of Glass Studies 25*, 55-64.

Bingham, P.A.-Jackson, C.M.

2007 "Roman Blue-Green Bottle Glass: Chemical-Optical Analysis and High Temperature Viscosity Modelling", *Journal of Archaeological Science 34*, 1-8.

Biwer, B.M.-Soderholm, L. vd.

1996 "Actinide Speciation in Glass Leach-Layers: An EXAFS Study", *Proceedings Fall MRS Meeting Symposium II*, 1-8.

Boon, G. C.-Dekówna, M.

1977 "Gold-in-Glass Beads from the Ancient World", *Britannia 8*, 193-207.

Borzić, I.

2008 "Ennion čaše iz Burnuma", *Archaeologia Adriatica 11*, 91-101.

Brill, R.H.

1975 "Crizzling-A Problem in Glass Conservation", *Conservation in*

Archaeology and the Applied Arts, Stockholm Congress, 121-134.

1978 "The use of Equilibrated Silica Gel ort he Protection of Glass with Incipient Crizzling", *Journal of Glass Studies 20*, 11-23.

1994 "Laboratory Studies of some glasses from Vergina", *Journal of Glass Studies 36*, 11-23.

2005 "Chemical Analyses of the Zeyrek Camii and Kariye Camii Glasses", *Dumbarton Oaks Papers 59*, 213-230.

Buechner, T.S.

1960 "The Glass from Tarrha", *Hesperia 29/1*, 109-117.

Caley, E.R.

1962 *Analyses of Ancient Glasses 1790-1957*, The Corning Museum of Glass Press, New York.

Canav, Ü.

1985 *Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Eser Koleksiyonu*, İstanbul.

Canav Özgümüş, Ü.

2012 "Tarihsel Süreçte Anadolu'da Cam Üretimi", *II. ODTÜ Arkeometri Çalıştayı. Türkiye Arkeoloji'sinde Cam: Arkeolojik ve Arkeometrik Çalışmalar, 6-8 Ekim 2011*, ODTÜ Yayınları, Ankara, 67-79.

Caner-Saltık, E.N.

2012 "Arkeometrik Çalışmalar Işığında Belirlenen Cam Bozulmaları", *II. ODTÜ Arkeometri Çalıştayı. Türkiye Arkeoloji'sinde Cam: Arkeolojik ve Arkeometrik Çalışmalar, 6-8 Ekim 2011*, ODTÜ Yayınları, Ankara, 57-66.

Carmona, N.-Oujja, M. vd.

2005 "Analysis of Corroded Glasses by Laser Incduced Breakdown Spectroscopy", *Spectrochimica Acta Part B 60*, 1155-1162.

Cass, G.R.-Druzık, J.R. vd.

1989 *Protection of Works of Art From Atmospheric Ozone*, Research in Conservation 5, The Getty Conservation Institute.

Cermanovic-Kuzmanovic, A.

1979 "The Komini Diatretum", *Journal of Glass Studies 21*, 51-53.

Chapman, S.-Mason, D.

2003 "Literature Review: The Use of Paraloid B-72 as a Surface Consolidant for Stained Glass", *Journal of the American Institute for Conservation 42-2*, 381-392.

Charleston, R.J.

1978 "Glass Furnaces Through the Ages", *Journal of Glass Studies 20*, 9-33.

Coockson, B.C.

2006 *Arkeolojik İllüstrasyon ve Fotoğrafçılık*, Çev. Ceyhun Çokal, Aytaşı Yayıncılık, Ankara.

Coutinho, I.-Ramos, A.M. vd.

2009 "Studies of the Degradation of Epoxy Resins used ort he Conservation of Glass", *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 127-133.

Cronyn, J.M.

2002 *The Elements of Archaeological Conservation*, Routledge, Londra.

Cummings, K.

2002 *A History of Glassforming*, Universty of Pennsylvania Press, Pensilvanya.

Dal Bianco, B.-Bertoncello, R. vd.

2004 "Glasses on the Seabed: Surface Study of chemical Corrosion in Sunken Roman Glasses", *Journal of Non-Crystalline Solids 343*, 91-100.

Davison, S.

1984 "Review of Adhesive and Consolidants Used on Glass Antiquities", *Adhesive and Consolidants*, Ed. N.S. Brommelle vd., International Instutite for Conservation, Londra, 191-195.

1998 "Reversible Fills For Transparent And Translucent Materials" *JAIC 37-1-4*, 35-47.

2006 *Conservation and Restoration of Glass*, Butterworth, Londra.

2009 "A History of Joining Glass Fragments", *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 107-112.

Degryse, P.-Schneider, J. vd.

2005 "A Geochemical Study of Roman to Early Byzantine Glass from Sagalassos, South-west Turkey", *Journal of Archaeological Science 32*, 287-299.

2006 "Evidence for Glass 'Recycling' using Pb and Sr Isotopic Ratios and Sr-mixing Lines: The Case of Early Byzantine Sagalassos", *Journal of Archaeological Science 33*, 494-501.

Demir, E.Ç.

1999 *Antik Çağ'da Cam ve Perge Konut Alanı "A" Evi Cam Eserleri*

Kataloğu, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Derrick, M.R.-Stulik, D. vd.

1999 *Scientific Tools for Conservation*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.

Doppelfeld, O.

1960 "Das neue Kölner Diatretglas", *Germania 38*, 403-417.

Down, J.L.

1984 "The Yellowing of Epoxy Resin Adhesives: Report on Naturel Dark Aging", *Studies in Conservation 29-2*, 63-76.

2009 "Poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives: a research update" *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 91-98.

Duncan Jones, J.

1995 "Classical and Hellenistic Core-Formed Vessels from Gordion", *Journal of Glass Studies 37*, 21-33.

Eggert, G.-Straub, D.S.

2009 "Ancient Glass Gluing Recipes", *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 3-7.

Errett, R.

1972 "The repair and restoration of glass objects", *Bulletin of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works 12-2*, 48-49.

Ertürk, N.

2012a "Müze Koleksiyonlarının Depreme Karşı Korunması", *Müzebilimin ABC'si*, Ege Yayınları, İstanbul, 157-168.

2012b "Seismic Protection of Museum Collections: lessons learned after the 1999 Earthquakes in Turkey (1)", *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi-METU Journal of the Faculty of Architecture (METU JFA) 29:1*, 289-300.

Fearn, S.-McPhail, D.S vd.

2004 "Room Temperature Corrosion of Museum Glass: an Investigation using low-energ SIMS", *Applied Surface Science 231-232*, 510-514.

Fekrsanati, F.-Hildenhagen, J. vd.

2001 "Feasibility Studies on Applying UV-Lasers ort he Removal of Superficial Deposits from Historic Glass", *Studies in Conservation*

46-3, 196-210.

Fisher, P.

1992 "HXTAL NYL-1, An Epoxy Resin For The Conservation of Glass", *Glass and Enamel Conservation UKIC 11*, 6-9.

Fleming, S.J.-Swann, C.P.

1999 "Roman Mosaic Glass: a study of Production Processes, using PIXE Spectrometry", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B150*, 622-627.

Fontaine, C.

1999 "Conservation of Glass at the Institut Royal du Patrimoine Artistique (Brussels): From the Earthquake in Liège to the Stained Glass of Loppem", *The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Training*, Ed. Norman. H. Tennent, James ve James Yayınları, Londra, 199-207.

Forbes, R.J.

1957 *Studies in Ancient Technology V*, Leiden.

Fredrickx, P.-Ryck, I. De vd.

2004 "EPMA and *μ*-SRXRF Analysis and TEM-based Microstructure Characterization of a set of Roman Glass Fragments", *X-Ray Spectrometry 33*, 326-333.

Freestone, I.C.-Leslie, K.A. vd.

2003 "Strotium Isotopes in the Investigation of Early Glass Production: Byzantine and Early Islamic Glass from the Near East", *Archaeometry 45-1*, 19-32.

Garcia-Heras, M.-Rincon, J. Ma. vd.

2005 "Pre-Roman Coloured Glass Beads from the Iberian Peninsula: a Chemico-Physical Characterisation Study", *Journal of Archaeological Science 32*, 727-738.

Gomez-Tubio, B.-Ontalba Salamanca, M.A. vd.

2006 "PIXE-PIGE Analysis of late Roman Glass Fragments", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 249*, 616-621.

Greaves, G.N.

1986 "Corrosion Studies of Glass using Conventional and Glancing Angle EXAFS", *Journal de Physique 47*, C8.819-C8.824.

Griffiths, D.R.-Feuerbach, A.M.

2001 "The Conservation of Wet Medieval Window Glass: A Test Using an Ethanol and Aceton Mixed Solvent System", *Journal of the American Institute for Conservation 40-2*, 125-136.

Grose, D.F.

1984 "Glass Forming Methods in Classical Antiquity: Some Considerations", *Journal of Glass Studies 26*, 25-34.

Guichen (DE), G.

2004 *Müzelerde İklim Kullanılan Aletler, Grafikler ve Öneriler*, Der. Hayrettin Selçuk, İstanbul.

Hall, M.E.-Yablonsky, L.

1997 "Chemical Analyses of glass beads found in two Sarmatian Burials", *Archaeometry 39-2*, 369-377.

1998 "Chemical Analyses of Sarmatian Glass Beads from Pokrovka, Russia", *Journal of Archaeological Science 25*, 1239-1245.

Handler, S.A.

1979 "A Fragmentary Christian Gold-Glass at the Newark Museum", *Journal of Glass Studies 21*, 35-38.

Harden, D.B.

1983 "New Light on the History and Technique of the Portland and Auldjo Cameo Vessels", *Journal of Glass Studies 25*, 45-54.

Hasdemir, İ-Striepe, S. vd.

2013 "Micromechanical Properties of Banded Alterations of Archaeological Glass Fragmnets", *Journal of Non-Crystalline Solids 376*, 126-132.

Henderson, J.-Evans, J.A. vd.

2005 "The use of oxygen, strotium and lead isotopes to provenance ancient glasses in the Middle East", *Journal of Archaeological Science 32*, 665-673.

Herold, K.

1990 *Konservierung von Archaologischen Bodenfunden Metall Keramik Glass*, Viyana.

Hlavac, J.

1983 *The Technology of Glass and Ceramics An Introduction*, Elsevier, New York.

Hogg, S.E.T.-McPhail, D.S. vd.

1999 "Modern Instrumental Methods ort he Study of the Deterioration of Vessel Glass", *The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Training*, Ed. Norman. H. Tennent, James ve James Yayınları, Londra, 42-56.

Huisman, D.J.-Pols, S. vd.

2008 "Degradation Processes in Colourless Roman Glass: cases from the

Bocholtz Burial", *Journal of Archaeological Science 35*, 398-411.

Hutton, B.S.

1997 *Restoration Techniques Of Stained Glass*, Monash Üniversitesi Seramik Tasarımı Bölümü Doktora Tezi, (Özeti için bk.: http://www.almond-glass.com/pages/thesis.html, Aralık 2009).

Jackson, C.M.

2005 "Making Colourless Glass in the Roman Period", *Archaeometry 47-4*, 763-780.

Jackson, C.M.-Nicholson, P.T. vd.

1998 "Glassmaking at Tell el-Amarna: an Integrated Approach", *Journal of Glass Studies 40*, 11-23.

Jackson, P.R.

1983 "Restoration of an Italic Glass Oinochoe with Technovit 4004A", *Conservator 7*, 44-47.

Kanyak, S.

2009 *Cam Fırınlarının Tarihsel Gelişimi*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı Seramik Tasarımı Programı, İstanbul.

Kapolos, J.-Bakaoukas, N. vd.

2007 "Evaluation of Acrylic Polymeric Resin and Small Siloxane Molecule for Protecting Cultural Heritage Monuments Against Sulfur Dioxide Corrosion", *Progress in Organic Coatings 59*, 152-159.

Karayannidou, E.G.-Achikias, D.S. vd.

2006 "Cure Kinetics of Epoxy-Amine Resins Used in The Restoration of Works of Art from Glass or Ceramic", *European Polymer Journal 42*, 3311-3323.

Kaya, F.

2004 *Ana Hatları ile Yapıştırıcılar*, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Kılıç, A.C.

1995 *Cam Üretiminde Üfleme Yöntemiyle Biçimlendirme*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, DEÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Kocabağ, D.

2002 *Cam Kimyası, Özellikleri, Uygulaması*, Yem Kitabevi, İstanbul.

Kocabaş, U.

1998 *Arkeolojik Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu*, İstanbul.

Kodakoğlu, L.

1996 *Yapıştırıcıların Genel Özellikleri Ve Çekme Gerilmesine Maruz Yapışma*

Birleşmesinin Analitik Ve Nümerik Olarak İncelenmesi, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Koob, S.P.

1979 "The Removal of Aged Shellac Adhesıve from Ceramics", *Studies in Conservation 24*, 134-135.

2006 *Conservation and Care of Glass Objects*, Archetype Yay., New York.

2009 "Paraloid B-72: 25 Years of use as a Consolidant and Adhesive for Ceramics and Glass", *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 113-119.

Koob, S.-Benrubi, S. vd.

2011 "An Old Material, a New Technique: Casting Paraloid B-72 for Filling Losses in Glass", *Proceedings of Symposium 2011-Adhesives and Consolidants for Conservation*, http://www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/Paper%2035%20-%20Koob%20et%20al.%20-%20English.pdf

Koob, P.S.-Brill, R. H. vd.

1996 "The Kenchreai Opus Sectile Glass Panels Revisitet: A Comparison and Assessment of Previous Treatments", *Archaelogical Conservation and its Consequences*, Ed. Ashok Roy ve Perry Smith, Internatinal Institute for Conservation, 105-110.

Koster, A.-Whitehouse, D.

1989 "Early Roman Cage Cups", *Journal of Glass Studies 31*, 25-31.

Kunicki-Goldfinger, J.

2003 "Preventive Conservation Strategy for Glass Colletions. Idetification of Glasses Susceptible to Crizzling", *In Proceedings of the 5th EC Conference 'Cultural Heritage Research: a Pan-European Challenge'*, Cracow, 301-304.

Kurtay, C.-Aybar, U. vd.

2003 "Müzelerde Algılama ve Aydınlatma Kriterlerinin Analizi: Ankara-Anadolu Medeniyetleri Müzesi Orta Holü", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi 18-2*, 95-113.

Küçükerman, Ö.

1988 *Glass Beads Anatolian Glass Bead Making The Final Traces of Three Millennia of Glass Making in the Mediterranean Region*, Türkiye Turing ve Otomobil Kurumu, İstanbul.

1997 "Cam İşçiliği", *Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi 1*, İstanbul, 312-313.

Küçükkaya, A.G.

2004 *Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri*, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Lampropoulos, V.-Leakou, A. vd.

2004 "Study and Comparisons Between Ploughing and Other Forms of Corrosion of Greek Archaeological Glass", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry 4-1*, 35-45.

Lazar, I.

2006 "An oil lamp from Slovenia depicting a Roman glass furnace", *Vjesnik za Arheologiju i Povijest Dalmatinsku 99*, 227-234.

Lester, E.-Hilal, N. vd.

2004 "Porosity in Ancient Glass from Syria (c. 800 AD) using gas adsorption and atomic force microscopy", *Surface and Interface Analysis 36*, 1323-1329.

Lierke, R.

2001 "Re-evaluating Cage Cups", *Journal of Glass Studies 43*, 174-177.

Lightfoot, C.

1985 "A Roman Glass Flask in Gaziantep Museum", *Anatolian Studies 35*, 123-129.

Lightfoot, C.-Arslan, M.

1992 *Anadolu Antik Camları: Yüksel Erimtan Koleksiyonu*, Ünal Offset Ltd. Şti., Ankara.

López, M. Q.-Sandoval, J.G.

2009 "Restauracıónde Vidrio Arqueológıco Montaje de Vıdrıo Arqueológıco Sobre Resına en las Lámparasde la Sınagoga de Lorca Para su Exposıcıón", *XX Jornadas de PatrimonioCultural de la Región de Murcia*, 267-275.

Lowry, M.-Farrar, B. vd.

2007 "Protecting Collections in the J. Paul Getty Museum from Earthquake Damage", *Western Association for Art Conservation (WAAC) Newsletter 29:3*, 16-23

Majewski, L.J.

1973 "The Conservation of Archaeological Materials at Sardis, Turkey", *Bulletin of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works 13-2*, 99-104.

Martin, J.B.

2003 "Evaluacioncritica de los principios en arqueometria, conservacion y restauracion de los vidrios arqueologicos", *Patina 12*, 53-64.

Martinez, B.Z.-Pasies, T. vd.
2011 "Reversibility and Minimal Intervention in the Gap-filling Process of Archaeological Glass", *e-conservation 20*, 40-53.

Mass, J.L.
1999 "Instrumental Methods of Analysis Applied to the Conservation of Ancient and Historical Glass", *The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Training*, Ed. Norman. H. Tennent, James ve James Yayınları, Londra, 15-41.

Massari, G.
1971 *Humidity in Monuments*, University of Roma, Roma.

McPhail, D.S.
2006 "Some Applications of SIMS in Conservation Science, Archaeometry and Cosmochemistry", *Applied Surface Science 252*, 7107-7112.

Mees, F.-Cornelis, E. vd.
2009 "Microfocus X-Ray Computed Tomography Analyses of Corroded Glass Objects", *Engineering Geology 103*, 93-99.

Mitri, P.-Pace, M., vd.
2007 "ICP-MS Analysis of Glass Fragments of Parthian and Sasanian Epoch from Seleucia and Veh Ardašīr (Central Iraq)", *Archaeometry*, 1-22.

Neiro, M.
2003 "Adhesive Replacement: Potential New Treatment for Stabilization of Archaeological Ceramics", *Journal of the American Institute for Conservation 42-2*, 237-244.

Nicholson, P.T.
1995 "Glassmakings and Glassworking at Amarna: Some New Work", *Journal of Glass Studies 37*, 11-19.

Nicholson, P.T.-Jackson, C.M. vd.
1997 "The Ulu Burun Glass Ingots, Cylindrical Vessels and Egyptian Glass", *The Journal of Egyptian Archaeology 83*, 143-153.

Oakley, V.
1999 "Five Years on: A Reassessment of Aspects Involved in the Conservation of Glass Objects for a New Gallery at the Victoria and Albert Museum", *The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Training*, Ed. Norman. H. Tennent, James ve James Yayınları, Londra, 217-228.

Oliver, A.

1984 "Early Roman Faceted Glass", *Journal of Glass Studies 26*, 35-58.

2001 "A Glass Opus Sectile Panel from Corinth", *Hesperia 70-3*, 349-363.

Özer, A.M.-Bakırer, Ö.

2012 "Anadolu'da Cam Buluntular Üzerinde Bugüne Kadar Yapılan Arkeometrik Çalışmalardan Elde Edilen Bilgiler", *II. ODTÜ Arkeometri Çalıştayı. Türkiye Arkeoloji'sinde Cam: Arkeolojik ve Arkeometrik Çalışmalar, 6-8 Ekim 2011*, ODTÜ Yayınları, Ankara, 34-46.

Özet, A.

1987 "Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi'ndeki Cam Örnekleri ile Antik Çağ'da Cam Yapımı", *Belleten 200*, 592-609.

Özgümüş, Ü.

1994 "Anadolu'da Bizans Dönemi Camcılığı", *Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi 12*, 39-43.

2000 *Anadolu Camcılığı*, Pera Yayıncılık, İstanbul.

Page, J.A.-Pilosi, L. vd.

2001 "Ancient Mosaic Glass or Modern Reprodutions?", *Journal of Glass Studies 43*, 115-139.

Painter, K.-Whitehouse, D.

1990 "Early Roman Cameo Glasses", *Journal of Glass Studies 32*, 138-188.

Pannell, J.

1990 "Conservation of Glass in Bodrum Museum of Underwater Archaeology", *I. Uluslararası Anadolu Cam Sanatı Sempozyumu*, İstanbul, 47-50.

Paterakis, A.B.

2003 "The Conservation of Ancient Glass", *Materials Research Society 757*, II2.4.1-II2.4.7.

Paynter, S.

2006 "Analyses of Colourless Roman Glass from Binchester, County Durham", *Journal of Archaeological Science 33*, 1037-1057.

Pilosi, L.-Wypyski, M.T.

2001 "Technical Examination and Conservation of Glass", *The Metropolitan Museum of Art Bulletin 59-1*, 66-68.

Platz-Horster, G.

1995 "Die Berliner Glasamphora aus Olbia", *Journal of Glass Studies 37*, 35-49.

Plinius

1962 *Natural Historia*, Çev. D.E. Eichholz, Harvard Üniversitesi

Yayınları, Londra.

Quartieri, S.-Arletti, R. vd.

2004 "Archaeometrical Analyses of Ancient Glass of the Imperial Age", *Report of ESRF* (25.10.2004), 1-2.

Raffaelly, L.-Champagnon, B. vd.

2008 "IR and Raman Spectroscopies, a way to Understand how the Roman Window Glasses were made?", *Journal of Non-Crystalline Solids 354*, 780-786.

Rehren, T.

2000 "Rationales in Old World Base Glass Compositions", *Journal of Archaeological Science 27*, 1225-1234.

2006 "Geç Tunç Çağı'nda Cam Ticareti", *Uluburun Gemisi 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, (Ed. Ünsal Yalçın, Cemal Pulak, Rainer Slotta), Graphis, İstanbul, 535-541.

Ribechini, E.-Modungo, F. vd.

2008 "An Integrated Analytical Approach for Characterizing an Organic Residue from An Archaeological Glass Bottle Recovered in Pompeii (Naples, Italy)", *Talanta 74*, 555-561.

Riederer, J.

1989 *Restoration & Preservation*, Goethe-Institut, Münih, 42-43.

Risser, E.

1997 "A New Technique For The Casting of Missing Areas in Glass Restoration", *Journal of Conservation and Museum Studies 3:11-15*, DOI: http://dx.doi.org/10.5334/jcms.3973 (http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms, Nisan 2009).

Rutten, F.J.M.-Roe, M.J. vd.

2006 "Surface Analysis of Ancient Glass Artefacts With ToF-SIMS: A Novel Tool for Provenancing?", *Applied Surface Science 252*, 7124-7127.

Saldern, A. Von

1975 "Two Achaemenid Glass Bowls and a Hoard of Hellenistic Glass Vessels", *Journal of Glass Studies 17*, 37-46.

Sale, D.

2011 "Yellowing and Apperance of Conservation Adhesives for Poly(methyl methacrylate): A Reappraisal of 20-Year-Old Samples and Test Methods", *Proceedings of Symposium 2011-Adhesives and Consolidants for Conservation*, http://www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/Paper%2035%20-%20Koob%20et%20al.%20

-%20English.pdf

Scheerer, S.-Abraham, M. vd.

2003 "Study of the Effects of Laser Radiation on Epoxy Resins and Epoxy Systems on Stone, Ceramic, and Glass Surface", *Journal of Cultural Heritage 4*, 223-229.

Scott, G.D.

1995 "A Study of the Lycurgus Cup", *Journal of Glass Studies 37*, 51-64.

Selwitz, C.M.

1988 *Cellulose Nitrate in Conservation,* Research in Conservation 2, The Getty Conservation Institute.

Shortland, A.J.-Eremin, K.

2006 "The Analysis of second Millenium Glass from Egypt and Mesopotamia, Part 1: New WDS Analyses", *Archaeometry 48-4*, 581-603.

Shortland, A.J.-Tite, M.S.

2000 "Raw Materials of Glass from Amarna and Implications ort he Origins of Egyptian Glass", *Archaeometry 42-1*, 141-151.

Shortland, A.J.-Tite, M.S. vd.

2006 "Ancient Exploitation and use of Cobalt Alums from the Western Oases of Egypt", *Archaeometry 48-1*, 153-168.

Shugar, A.N.

2000 "Byzantine Opaque Red Glass Tesserae from Belt Shean, Israel", *Archaeometry 42-2*, 375-384.

Silvestri, A.-Molin, G. vd.

2005 "Archaeological Glass Alteration Products in Marine and Land-Based Environments: Morphological, Chemical and Microtextural Characterization", *Journal of Non-Crystalline Solids 351*, 1338-1349.

2008 "The Colourless Glass of Iulia Felix", *Journal of Archaeological Science 35*, 331-341.

Sirel, H.

2012 "Mimari Aydınlatmada Müzenin Farkı ve Önemi", *Müzebilimin ABC'si*, Ege Yayınları, İstanbul, 147-155.

Smith, C.W.

2003 *Archaeological Conservation Using Polymers: Practical Applications for Organic Artifact Stabilization*, A & M University Press, Teksas.

Snitkuvienë, A.

2005 "Unikalios ankstyvosios krikðèionybës vertybës Mykolo Tiðkevièiaus kolekcijoje: *auksiniø stiklø* Rinkinys", *Menotyra 39/2*,

30-38.

Stjernquıst, B.

2004 "A Magnifi cent Glass Bowl from Uppåkra", *Continuity for Centuries: A Ceremonial Building and Its Context at Uppåkra*, Southern Sweden (Ed. Lars Larsson), 103-151.

Swift, E.

2003 *Roman Dress Accessories*, Shire Aechaeology, Malta.

Tek, A.T.

2005 "Antik Dönemde Anadolu'da Cam Üretimi", *III. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri*, Eskişehir, 108-123.

Tekin, E.

2007 *Metal Bilim ve Gereç Bilim Karşılıklar Sözlüğü*, Erdem Bilim ve Teknolojisi Serisi, İstanbul.

Tennent, N.H.

1979 "Clear and Pigmented Epoxy Resins for Stained Glass Conservation: Light Ageing Studies", *Studies in Conservation 24-4*, 153-164.

Tennent, N. H.-Townsend, J.H.

1984a "Factors Affecting The Refractive Index of Epoxy Resins", *ICOM Committee for Conservation Preprints 7*, 26-28.

1984b "The Significance of the Refractive Index of Adhesives for Glass Repair", *Adhesives and Consolidants*, 205-212.

Thornton, J.

1990 "A Light-Box Apparatus ort he Repair of Glass", *Studies in Conservation 35-2*, 107-109.

Tuğrul, B.

2012 "Tahribatsız Muayene Yöntemleri ile Cam Eserlerin İncelenmesi", *II. ODTÜ Arkeometri Çalıştayı. Türkiye Arkeoloji'sinde Cam: Arkeolojik ve Arkeometrik Çalışmalar, 6-8 Ekim 2011*, ODTÜ Yayınları, Ankara, 108-113.

Tuğrul, B.-Atik, Ş.

1990 "Bazı Antik Anadolu Opak Cam Eserlerin X-Işını Radyografi Tekniği ile Değerlendirilmesi", *I. Uluslararası Anadolu Cam Sanatı Sempozyumu*, İstanbul, 37-39.

Tuğrul, B.-Başaran, S.

1991 "Enez Cam Buluntularının Tahribatsız Muayene Metodlarıyla İncelenmesi", *VI. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, Ankara, 29-40.

Tuğrul, B.-Sungur, F. Vd.

1986 "İstanbul Arkeoloji Müzelerindeki Bazı Opak Cam Eserlerin X-Işını Radyografi Tekniği ile İncelenmesi", *II. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, Ankara, 81-90.

Totelin, C.-Calonne, S. vd.

2011 "Colour Changes of Epoxy Resin Adhesives Used in Glass restoration by Exposure to NO_x Fumes", *Proceedings of Symposium 2011-Adhesives and Consolidants for Conservation*, http://www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/Paper%2035%20-%20Koob%20et%20al.%20-%20English.pdf

Uğuryol, M.

2012a "Müzelerde İklim Denetimi", *Müzebilimin ABC'si*, Ege Yayınları, İstanbul, 97-114.

2012b "Müzelerde Kirlilik Denetimi", *Müzebilimin ABC'si*, Ege Yayınları, İstanbul, 115-133.

Uralman, H.

2012 "Müze Dökümantasyonunun Kapsamı", *Müzebilimin ABC'si*, Ege Yayınları, İstanbul, 57-71.

Uzuner, B.

2004 *Bulunuşundan Üflemeye Uygulamalı Cam Teknikleri Akantaş*, İnkılap, İstanbul.

Velde, B.

(t.y.) "Analysis of a white, opaque glass fragment associated with a free-blown skyphos cup from a Roman military camp, Aulnay, central western France", 1-10 (http://194.250.166.236/siteverre/aulnay.htm, Mayıs 2009).

Verita, M.-Arena M.S. Vd.

2008 "Roman glass: Art and technology in a 4th century A.D. opus sectile in Ostia (Rome)", *Journal of Cultural Heritage 9*, e16-e20.

Weber, G.-Martinot, L. vd.

2004 "Application of PIXE and PIGE Under Incident Variable Ion Beam Angle to Several Field of Archaeometry", *10th International Conference on Particle Induced X-ray Emission and its Applications PIXE 2004*, 844.1-844.5.

Welter, N.-Schüssler, U., vd.

2007 "Characterisation of inorganic pigments in ancient glass beads by means of Raman microspectroscopy, microprobe analysis and X-ray diffractometry", *Journal of Raman Spectroscopy 38*, 113-121.

Welzel, J.

1998 "Die Rekonstruktion Eines Diatretglases Nach Einem Scherbenfund", *Journal of Glass Studies 40*, 127-139.

Whitehouse, D.

1988 "A Recently Discovered Cage Cup", *Journal of Glass Studies 30*, 28-33.

1989 "The Seasons Vase", *Journal of Glass Studies 31*, 16-23.

1997 *Roman Glass in The Corning Museum of Glass 1*, New York.

Whitehouse, D.-Pilosi, L., vd.

2000 "Byzantine Silver Stain", *Journal of Glass Studies 42*, The Corning Museum of Glass, 85-96.

Wihr, R.

1970 "Possibilities of Restoration and Reproduction of Ancient Glass by the Use of Pourable Synthetic Resins", *Bulletin of the American Group, Interntional Institute for Conservation of Historic and Artistic Works 11-1*, 17-25.

Wypyski, M.T.

2005 "Technical Analysis of Glass Mosaic Tesserae from Amorium", *Dumbarton Oaks Papers 59*, 183-192.

Yağcı, E.E.

1993 *Başlangıcından Geç Antik Dönem Sonuna Kadar Anadolu'da Cam*, yayınlanmamış doktora tezi, AÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Yalçın, Ü.

2006 "Tarih Yazan Gemi: Uluburun", *Uluburun Gemisi 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, (Ed. Ünsal Yalçın, Cemal Pulak, Rainer Slotta), Graphis, İstanbul, 21-26.

Zachariadis, G.-Dimitrakoudi, E. vd.

2006 "Optimized Microwave-Assisted Decomposition Method for Multi-Element Analysis of Glass Standard Reference Material and Ancient Glass Specimens by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry", *Talanta 68*, 1448-1456.

Elektronik Kaynaklar

http://archaeologicalmuseum.jhu.edu/the-collection/conservation/, Aralık 2013

http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8182, Ocak 2010

http://brunelleschi.imss.fi.it/vitrum/fvtr.asp?c=8184, Ocak 2010
http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_glass, Şubat 2014
http://moadoph.gov.au/blog/the-illuminations-from-workshop-to-showcase/, Aralık 2013
http://shelf3d.com/ntV6LQF1GxA#Jerry Podany Demonstrates a Base Isolation System to Protect Antiquities, Şubat 2014
http://shelf3d.com/oDA5Z-82u-4#Base Isolation Systems, Şubat 2014
http://www.cmog.org/collection/conservation/internship-opportunities, Aralık 2013
http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/default.htm, Ocak 2010
http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato/chapotat_r03.htm, Ocak 2010
http://www.curatorial.com/packing.html, Aralık 2013
http://www.kikirpa.be/FR/183/396/Vade-mecun.m.htm, Aralık 2009
http://www.lamp83.com/fiberoptik.php, Ocak 2010
http://www.nps.gov/history/museum/publications/MHI/CHAP7.pdf, Şubat 2014
http://www.oeai.at/index.php/konservierung-von-funden.html, Ocak 2010
http://www.tzzadar.hr/en/city-guide/museums/27-05-2009/museum-of-ancient-glass-zadar, Aralık 2013
http://www.ucl.ac.uk/archaeology/conservation/jcms, Nisan 2009

İlave Okumalar

Baykan, C.-Baykan, D.

2012 *Eskiçağ'da Cam*, Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İstanbul.

Brill, R.H.

1975 "Crizzling-A Problem in Glass Conservation", *Conservation in Archaeology and the Applied Arts*, Stockholm Congress, 121-134.

1978 "The use of Equilibrated Silica Gel ort he Protection of Glass with Incipient Crizzling", *Journal of Glass Studies 20*, 11-23.

1999 *Chemical Analyses of Early Glasses 1*, Catalogue of Samples, The Corning Museum of Glass Corning, New York.

Caley, E.R.

1962 *Analyses of Ancient Glasses 1790-1957*, The Corning Museum of Glass Press, New York.

Coutinho, I.-Ramos, A.M. vd.

2009 "Studies of the Degradation of Epoxy Resins used ort he Conservation of Glass", *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 127-133.

Down, J.L.

1986 "The Yellowing of Epoxy Resine Adhesives: Report on High Intensity Light Aging", *Studies in Conseration 31-4*, 159-170.

2009 "Poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives: a research update" *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 91-98.

Koob, S.P.

2006 *Conservation and Care of Glass Objects*, Archetype Yay., New York.

2007 "Cleaning Glass: A Many faceted Issue", *American Institute for*

Conservation Objects Specialty Group Session 32, 60-70.

2009 "Paraloid B-72: 25 Years of use as a Consolidant and Adhesive for Ceramics and Glass", *Holding it all Together. Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Ed. J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison ve D. Saunders, Britanya Müzesi Yayınları, Londra, 113-119.

Koob, S.-Benrubi, S. vd.

2010 "An Old Material, a New Technique: Casting Paraloid B-72 for Filling Losses in Glass", *Proceedings of Symposium 2011-Adhesives and Consolidants for Conservation*, http://www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/Paper%2035%20-%20Koob%20et%20al.%20-%20English.pdf

Birer belge niteliğindeki Antik Çağ camlarının sağlıklı bir şekilde geleceğe aktarılmaları koruma ve onarım uygulamalarının bilimsel kıstaslarla dikkatli ve bilinçli yapılmasıyla doğrudan ilişkilidir. Antik Çağ camlarının kimyasına ve üretimine uygun koruma ve onarım yöntemleri, bozulma neden ve sürecinin doğru tanımlanmasıyla belirlenmelidir. Bu çalışma, toprak altı arkeoloji kazılarında bulunan MÖ 2. bin ile MS 1. bin tarihleri arasındaki Antik Çağ camlarına, camın kimyası ve üretim teknikleriyle uyumunun araştırılması sonucunda uygulanacak koruma ve onarım tekniklerini yeni tekliflerle ortaya koymayı amaçlamaktadır. Ayrıca konuyla ilgilenenlerin, önceki koruma ve onarım uygulama ve sonuçlarının geneline ulaşabilmelerinin yanı sıra ilerideki çalışmalara da katkı sağlama amacındadır.

Ceren Baykan; 1999'da Ege Üniversitesi Bergama Meslek Yüksekokulu Restorasyon Konservasyon Bölümü ön lisans; 2004'de İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü lisans; 2010'da Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı Seramik Tasarımı yüksek lisans programını tamamladı. 2008 yılından bu yana katılmakta olduğu Nif (Olympos) Dağı kazısı dışında, Allianoi (1998-2006), Edirne Sarayı (2005) kazıları ile çeşitli koruma onarım projelerinde görev almıştır. Trakya Üniversitesi Şehit Ressam Hasan Rıza Güzel Sanatlar Meslek Yüksekokulu Mimari Restorasyon Programı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

ISBN 978-9944-483-57-5





homer *kitabevi*

Yeni Çarşı Cad. No: 12/A
34433 Galatasaray - İstanbul
www.homerbooks.com